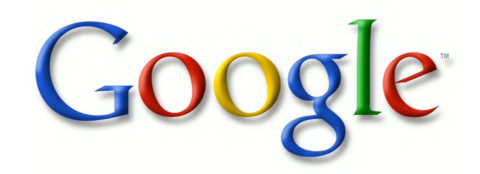
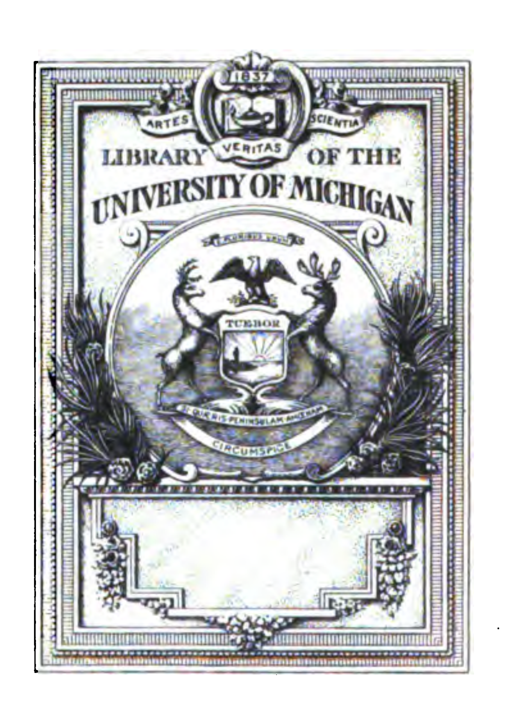



1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE

EXPÉRIENCES

SUR

LE GALVANISME.

EXPÉRIENCES

SUR

LE GALVANISME,

ET EN GÉNÉRAL

SUR L'IRRITATION DES FIBRES

MUSCULAIRES ET NERVEUSES,

DE FRÉDÉRIC-ALEXANDRE HUMBOLDT;

Traduction de l'Allemand, publiée, avec des additions;

PAR J. FR. N. JADELOT, MÉDECIN.

DE L'IMPRIMERIE DE DIDOT JEUNE.

A PARIS,

Chez J. F. FUCHS, Libraire, rue des Mathurins, n.° 334.

AN VII. — 1799.

DISCOURS

PRÉLIMINAIRE.

LA propriété observée dans les nerfs des animaux, d'être irrités par les substances métalliques ou charbonneuses, et même par le simple contact d'autres organes vivants, présente une multitude de phénomènes qui sont connus sous le nom de *phénomènes galvaniques.*

Cette irritation, exercée sur les nerfs qui se distribuent à des muscles ou à des organes pourvus de fibres musculaires, y excite des contractions et des mouvements très-manifestes : sur les nerfs destinés à certains sens, elle produit des impressions semblables aux sensations elles-mêmes ; elle augmente aussi les sécrétions en altérant la nature des fluides sécernés ; cette sorte d'irritation a encore été quelquefois employée avec succès pour rappeler à la vie des animaux asphixiés ; enfin les

naturalistes qui en ont fait usage dans l'examen de la structure des insectes et des vers, sont parvenus à découvrir, à l'aide de ce moyen nouveau, le système nerveux jusqu'alors inconnu de plusieurs de ces animaux.

Cet aperçu incomplet et rapide de l'influence et des effets du galvanisme, suffit cependant pour annoncer tout l'intérêt qu'il offre dans l'étude de l'économie animale; on voit qu'en agissant directement sur les nerfs, il modifie les fonctions des différents organes. Il faut convenir que ce serait une folle prétention que de vouloir expliquer par ce moyen tous les phénomènes du système nerveux; mais il est incontestable que cette découverte offre un progrès réel dans la connaissance des nerfs, dont l'action est demeurée jusqu'à ce jour aussi ignorée qu'elle est intéressante; peut-être même serait-il permis de considérer autrement que comme l'effet d'une illusion flatteuse l'idée qu'on a conçue d'en faire à la médecine quelque heureuse application.

On voudrait en vain se dissimuler qu'il est nécessairement au-dessus des facultés humaines de parvenir à apercevoir et à connaître la substance contenue dans les nerfs des animaux, à laquelle sont dûs les mouvements et les sensations : celles-ci, nos seuls moyens d'acquérir des notions sur les différents objets, ne sont sans doute que le résultat de modifications occasionnées par eux sur la substance, quelle qu'elle soit, que les nerfs contiennent; or, pourrait-on concevoir que cette substance, soumise à nos sens, eût la faculté de réagir sur elle-même, de manière à produire en nous une sensation quelconque? Les physiologistes, nécessairement dépourvus d'observations sur ce point important, et livrés à toute l'activité de l'imagination, avaient hypothétiquement désigné ce principe ignoré, par les expressions vagues et inexactes d'*esprits vitaux*, de *fluide nerveux*, d'*électricité*, etc. Mais s'il faut renoncer pour jamais à connaître ce dont l'action des nerfs dépend immédiatement, les divers agents

propres à exercer sur elle une influence, et à la modifier d'une manière quelconque, n'en doivent pas moins fixer l'attention des physiologistes et des médecins ; or le galvanisme est évidemment un de ces agents les plus puissants.

Personne n'ignore que cette belle découverte appartient au professeur de Bologne dont elle conserve le nom. Ce savant, plus heureux qu'*Harvée*, eut la douce satisfaction de jouir en paix de sa gloire (1); ses travaux, répandus avec rapidité, furent aussitôt accueillis et continués dans tous les pays où l'on sait honorer et cultiver les sciences. *Galvani* crut apercevoir dans les phénomènes qu'il découvrit les effets de l'électricité ; et cette fâcheuse prévention, qui parut dépendre de ce qu'il fit sa première observation en approchant d'une grenouille une tige métallique électrisée, le conduisit à imaginer une explication unique-

(1) Galvani est mort à Bologne dans le mois de ventôse an 7.

ment fondée sur les lois connues de l'électricité : il y resta constamment attaché ; et son autorité parut même d'un si grand poids aux habiles physiciens *Volta*, *Fontana*, *Spallanzani*, *Aldini*, *Valli*, *Corradori*, *Vassali*, etc., que les théories galvaniques qu'ils ont inventées ou soutenues, quoique différant de la première en bien des points, lui ressemblent cependant toutes, en ce qu'elles ont, comme elle, l'électricité pour fondement.

La théorie de *Galvani* assimilait entièrement les nerfs et les muscles vivants, à des bouteilles électriques différemment chargées: elle est complètement réfutée par l'expérience fig. 9, dans laquelle un corps excitateur mis seulement en contact avec l'armature d'un nerf, excite ainsi des contractions dans les muscles.

La théorie de *Volta*, fondée sur la tendance qu'a l'électricité contenue dans les corps qui composent la chaîne galvanique, à se mettre en équilibre entr'eux, trouve sa réfutation dans l'expérience fig. 16.

Cette expérience fait voir qu'un métal parfaitement pur, et conséquemment homogène, par exemple, du mercure mis en contact avec un nerf et avec un muscle auquel il se distribue, peut occasionner dans celui-ci des contractions très-évidentes.

L'expression *irritation métallique*, qui a été substituée par quelques auteurs, à celle *d'électricité animale* reconnue inadmissible pour désigner le galvanisme, n'était pas plus convenable que la première, les phénomènes pouvant être excités non-seulement avec des métaux, mais encore avec des substances charbonneuses, et même, dans quelques circonstances, par le seul contact d'autres organes vivants ; des connaissances plus étendues chaque jour, ont fait rejeter successivement ces dénominations inexactes ou fausses ; et tous les physiologistes soigneux d'éviter l'erreur, n'emploient aujourd'hui que le mot *galvanisme* qui n'indique aucunement la cause des phénomènes.

Achard en Prusse, *Abilgaard* en Danemarck, *Gren*, *Pfaff*, *Crève*, *Grapen-*

giesser, etc. dans différentes contrées de l'Allemagne, *Fowler*, *Cavallo*, *Monro*, *Wells* en Angleterre, ont tenté un grand nombre d'expériences; *Roxbourg* en a répété plusieurs sur de grands amphibies à Madras; on en a fait aussi en Amérique: enfin aucun objet physiologique ne paraît avoir donné lieu, en si peu de temps, à des recherches aussi variées et aussi multipliées que le galvanisme. Que peut-il en effet y avoir de plus intéressant pour cette science que des indices de l'existence dans les nerfs, d'un fluide jusqu'à présent inconnu, et qui semble promettre quelques progrès vers la connaissance du principe de la vie?

Plusieurs membres de l'académie des sciences avaient commencé dès l'année 1792, des recherches galvaniques avec *Valli* et *Laméthrie*. Les travaux de ce genre semblent avoir été ensuite interrompus en France; mais l'Institut national voulant constater l'état des connaissances acquises sur cette matière intéressante et neuve, nomma une commission pour examiner et vérifier

les phénomènes du galvanisme (2); elle était encore occupée de ses travaux, quand *Fréd. Alex. Humboldt*, de Berlin, très-connu par des découvertes importantes en physique, en histoire naturelle, et particulièrement dans le galvanisme, vint faire un séjour à Paris; il répéta quelques-unes de ses principales expériences, en présence de la commission, et leur résultat fut même inséré dans le compte rendu par elle à l'Institut national.

L'ouvrage suivant offre le développement de ces expériences, mais elles n'en font qu'une très-petite partie : il présente des considérations très-intéressantes sur les modifications que l'irritation des organes éprouve à raison de leurs différents degrés d'excitabilité; il offre même des moyens d'augmenter et de diminuer à volonté cette propriété des corps vivants; une suite d'expé-

(2) La commission voulut bien m'admettre à ses séances; je me suis constamment occupé du galvanisme depuis cette époque.

riences très-importantes, particulièrement à raison de leurs conséquences contre la théorie de *Galvani*, atteste que les phénomènes peuvent avoir lieu dans un haut degré d'excitabilité, par le seul contact de l'armature d'un nerf avec une substance excitante, sans qu'il existe une chaîne.

L'auteur a consacré des essais nombreux à déterminer l'influence qu'ont sur les phénomènes galvaniques les diverses dispositions des substances conductrices et excitatrices dont la chaîne peut être composée; il en est encore de plus intéressants à leurs applications physiologiques, qui prouvent d'une manière incontestable, que les substances animales vivantes sont environnées d'atmosphères actives et sensibles.

Des formules simples et commodes imaginées par *Humboldt*, pour exprimer briévement toutes les expériences galvaniques, facilitent considérablement l'étude de cette nouvelle partie de la physiologie; ces formules ont pour base principale la distinction très-fondée des substances, sous le rap-

port galvanique, en excitatrices qui sont tous les métaux et les corps charbonneux, et conductrices qui comprennent toutes les substances humides.

Profondément instruit dans la minéralogie, il s'est occupé avec un grand succès de déterminer les degrés d'efficacité galvanique de beaucoup de substances minérales; et cette efficacité bien appréciée, offre elle-même aujourd'hui un moyen infaillible de s'assurer de la nature de certains corps; le galvanisme annonce, par exemple, la présence du charbon, de manière à le faire découvrir, même dans les combinaisons où il se trouve en si petite quantité, que tous les moyens chimiques sont insuffisants pour le rendre sensible.

Des observations faites à l'aide du même agent sur les vers, les sangsues, les lombrics, les seiches, les naïades, les lernées, les tœnia et les poissons, laissent entrevoir dans l'avenir un vaste champ de découvertes zoologiques.

L'anatomiste suit l'auteur avec plaisir

dans l'indication des anastomoses qui, unissant entre eux les nerfs de différentes parties du corps et servant à propager au loin l'irritation, donnent lieu à des saveurs sur la langue, à des apparences lumineuses devant les yeux, à des sensations douloureuses dans le tube intestinal, et à des effets sur toute l'économie tels que des animaux asphyxiés peuvent être ainsi rappelés à la vie.

A la simple description des phénomènes succède l'exposition des principales théories auxquelles ils ont donné naissance; l'auteur propose aussi la sienne, mais avec toute la réserve que la prudence exige en cette matière. Convaincu, par ses expériences, que les effets galvaniques ne sont point dûs à l'électricité, comme beaucoup de physiciens l'avaient pensé, il les attribue à un fluide propre aux animaux vivants, auquel il suppose de l'analogie avec le magnétisme et l'électricité : ce fluide mis en mouvement, à l'occasion du contact de certains corps, peut irriter les organes, de manière à exciter des sensations ou des contractions mus-

culaires, ou des changements dans les sécrétions; il exerce sur chacune des parties du corps une action dépendante du principe de la vie; il est enfin considéré comme jouant un rôle important dans le procédé chimique animal, dont dépendent, selon des physiologistes très-distingués, et même, à ce qu'il paraît, selon le savant professeur *Fourcroy*, toutes les fonctions des corps vivants.

La solution du problême galvanique proposée par *Humboldt*, renferme encore beaucoup d'inconnus; mais elle semble, pour ainsi dire, ne mériter par là qu'une confiance plus entière: on voit que son imperfection n'est due qu'à ce qu'elle s'arrête précisément où cessent les expériences et les observations bien constatées. Cette nouvelle théorie paraît susceptible d'extension et de perfectionnement, mais peu exposée à éprouver une réfutation; or, on sait quel avantage il résulte pour les sciences de rapprocher les uns des autres des faits nombreux et variés, au moyen d'un systême

fondé sur les liaisons qui existent véritablement entre eux.

L'ouvrage suivant contient, indépendamment de beaucoup de vues physiologiques tout-à-fait neuves, le résumé de tous les livres qui ont été publiés jusqu'à ce jour sur le galvanisme ; il supplée donc parfaitement à cette multitude de productions que l'Italie, l'Allemagne et l'Angleterre ont vu naître sur le même sujet.

On s'est décidé à ajouter ici les expériences suivantes, parce qu'offrant, avec la confirmation des principaux phénomènes galvaniques, des aperçus physiologiques assez piquants, on a pensé qu'elles pourraient n'être pas sans intérêt : quelques-unes ont été tentées avec *Venturi*, professeur de physique à Modène ; d'autres, avec plusieurs étudiants en médecine fort instruits ; enfin, beaucoup d'entr'elles ont été répétées avec le professeur *Hallé*.

EXPÉRIENCES

Sur le Cerveau et sur le prolongement rachidien (3).

Ayant écorché une grenouille, mis le cerveau et le prolongement rachidien à découvert, et enlevé les viscères de la poitrine et du bas-ventre, un communicateur (4) de cuivre établi entre une armature d'argent adaptée au cerveau, et une armature de zinc sur laquelle étaient posés les deux membres abdominaux, occasionna des flexions très-fortes dans ces membres qui étaient auparavant tendus ; le même procédé employé, les membres abdominaux étant fléchis, il en est résulté des contractions dans tous leurs muscles, mais principalement dans les fléchisseurs.

---

(3) Dénomination adoptée par le prof. *Chaussier*, à la place de celle de *moelle épinière* qui est impropre.

(4) On a fait usage des dénominations *armatures*, *communicateur*, etc., employées dans le compte rendu à l'Institut national, par la commission nommée pour examiner et vérifier les phénomènes galvaniques.

Ayant laissé l'armature d'argent au cerveau, et placé la lame de zinc sous un des membres thorachiques, le communicateur de cuivre occasionna des contractions égales dans tous les muscles de ce membre, soit que l'argent touchât le lobe droit, soit qu'il touchât le lobe gauche.

Une lame de zinc étant adaptée aux yeux d'une grenouille préparée comme la précédente, et un fil de fer étant posé sur le cerveau ou sur le cervelet, le contact de ces deux métaux produisit des mouvements très-forts dans les yeux.

Sur une grenouille préparée de la même manière, mais dont la tête était coupée, ayant adapté une lame d'argent au prolongement rachidien, vers le milieu de la région dorsale, et posé le membre thorachique gauche sur une plaque de zinc; un communicateur d'argent excita dans celui-ci des contractions qui furent bien plus manifestes dans les muscles extenseurs que dans les fléchisseurs.

La lame d'argent restant au prolongement rachidien, et la plaque de zinc étant placée sous les membres abdominaux, le communicateur de laiton occasionna des contractions musculaires si fortes, que les cuisses, les jambes et les pieds, furent fléchis très-violemment.

Les deux expériences précédentes répétées sur plusieurs grenouilles, ont presque constamment offert le même résultat, c'est-à-dire, des extensions dans les membres thorachiques, et des flexions dans les membres abdominaux.

Une lame d'argent étant appliquée sur la terminaison du prolongement rachidien, et une lame de zinc étant placée sous les deux membres thorachiques, il y eut au moment du contact de ces métaux, des extensions très-violentes dans les membres abdominaux seulement.

Cette expérience ayant été répétée avec la seule différence que la lame d'argent se trouvait en contact avec le prolongement rachidien dans la région du col, il y eut

des extensions des membres thorachiques et des flexions très-fortes dans les membres abdominaux.

Dans une grenouille dont le cerveau était mis à découvert, et dont les poumons et le cœur étaient détachés, un communicateur d'argent fut établi entre une plaque de zinc et une plaque de cuivre, dont la première servait d'armature au cerveau, tandis que la seconde était en contact avec l'estomac, il occasionna de légères contractions dans tous les muscles des cuisses. Cet effet se manifesta plusieurs fois de suite sur la même grenouille.

Tout le corps d'une grenouille écorchée et vidée, étant plongé dans l'eau, à l'exception de la tête, les cuisses posées sur une plaque de zinc, la partie postérieure du cerveau appuyée sur une lame d'argent, le contact établi entre ces deux métaux, produisit des mouvements très-forts dans les yeux.

La grenouille restant disposée comme

dans l'expérience précédente, une tige d'argent mise en contact avec la terminaison du prolongement rachidien, occasionna des flexions très-fortes dans les membres abdominaux, lorsqu'elle toucha le zinc qui servait d'armature au cerveau.

Ces deux dernières expériences ont été faites sur des grenouilles abandonnées depuis plus d'une heure, et conséquemment très-affaiblies.

L'animal étant préparé et disposé comme précédemment, une lame de zinc étant mise en contact avec le rectum, il y eut des flexions très-fortes dans les cuisses; cet intestin ayant ensuite été coupé transversalement au-dessous du point auquel le zinc répondait, il ne se manifesta plus aucune contraction musculaire.

Ayant adapté une lame de zinc aux membres thorachiques, et une lame d'argent au prolongement rachidien dans la région du col; le contact de ces armatures produisit des extensions dans les membres thorachi-

ques, et des flexions très-fortes dans les membres abdominaux.

Expériences sans chaîne.

Le nerf crural d'une grenouille très-vive, uni organiquement avec les muscles de la cuisse, étant placé sur une lame de zinc, le simple contact d'un morceau d'argent avec ce zinc, occasionna des contractions très-violentes dans tous les muscles de la cuisse, il suffisait pour qu'elles se répétassent de frotter quelque peu l'argent sur le zinc. Cette expérience a constamment réussi sur des grenouilles très excitables.

Ayant posé les deux cuisses écorchées d'une grenouille très-vive sur un morceau de zinc, lorsqu'on toucha simplement ce zinc avec de l'argent, il se manifesta des contractions musculaires dans les deux cuisses.

Dans plusieurs animaux à sang chaud, tels que des chiens et des cochons d'Inde déja affaiblis par plusieurs autres expé-

riences, ayant armé de zinc le nerf diaphragmatique, avec la précaution de poser ce métal sur du verre bien sec, afin de l'isoler complètement, le seul contact d'un morceau d'argent ou de zinc, donna lieu aux contractions les plus violentes dans le diaphragme.

Il est à remarquer que dans un grand nombre d'expériences, le diaphragme s'est toujours montré le muscle le plus sensible à l'irritation galvanique.

Atmosphères galvaniques.

Une grenouille ayant été écorchée et vidée, sa tête étant coupée, sa poitrine ne tenant au bassin que par les deux nerfs sciatiques qui naissent fort haut dans la grenouille, un conducteur d'argent mis en contact avec une lame de zinc sur laquelle portaient les deux cuisses; il y eut des contractions très-fortes dans l'une et dans l'autre, dès que le conducteur fut approché à un millimètre de l'un ou de l'autre des nerfs lombaires.

Ayant placé sur un morceau de zinc, le nerf fémoral d'une grenouille dont l'excitabilité n'était pas exaltée, un fil d'argent mis en contact avec le zinc, excita des contractions aussitôt qu'il fut approché à la distance de six millimètres des muscles de la cuisse.

Le nerf fémoral d'une grenouille posant sur une lame d'argent, une personne toucha cette lame d'un de ses doigts humectés d'eau, elle tenait de l'autre main un fil de fer qu'elle approcha des muscles de la cuisse, l'on aperçut des contractions dans ces muscles, tandis que l'extrémité de ce fil de fer en était encore distante de deux millimètres; ce fil de fer approché ensuite à une égale distance du nerf, il occasionna aussi des mouvements musculaires.

Ayant coupé un morceau du nerf sciatique d'une grenouille très-excitable, l'ayant posé sur une plaque de zinc placée ellemême sur du verre bien sec, la portion du nerf qui tenait encore aux muscles fut dis-

posée sur le même verre, de manière qu'elle était éloignée de deux millimètres du premier morceau de nerf; un conducteur d'argent établi ensuite entre la cuisse et le zinc, excita de fortes contractions musculaires (5); on avait eu la précaution d'essuyer avec du coton bien sec, la partie du verre qui répondait à l'intervalle des deux bouts du nerf, afin qu'il n'y restât pas la moindre humidité conductrice.

Expériences sur le cœur et sur l'estomac.

Une tige d'argent et une lame de zinc, touchant en deux points différents un cœur de grenouille qui se contractait très-lentement, séparé de l'animal et abandonné à lui-même, un communicateur de cuivre excita manifestement des contractions chaque fois qu'on le mit en contact avec ces deux métaux; cette expérience répétée sur le cœur d'une autre grenouille très-vive, ne

(5) Cette expérience ne m'a réussi qu'une fois, au commencement de l'hiver dernier.

produisit aucun effet marqué, soit qu'on employât les mêmes armatures, soit qu'on substituât à l'argent, du fer ou du platine.

Une plaque de zinc et une tige d'argent étant en contact avec deux points différents du cœur d'un chien séparé de l'animal, qui avait cessé de se contracter; le contact établi entre ces deux métaux, renouvela ses contractions; lorsqu'on toucha le cœur avec de l'os ou avec du bois, il n'en résulta aucun effet.

En appliquant une tige d'argent mince aux nerfs très-tenus qui se portent à l'estomac dans la grenouille, et un petit morceau de de zinc à la surface intérieure de cet organe, le contact établi ensuite entre l'argent et le zinc, occasionna un resserrement lent dans les endroits de l'estomac touchés par le zinc.

Expérience relative à l'efficacité du fluide galvanique des animaux à sang chaud, sur l'homme.

Le nerf sciatique ayant été mis à découvert dans la cuisse d'un chien séparée de l'animal et dépouillée de ses téguments, ce nerf fut posé sur une lame d'argent, et les muscles de la jambe sur une lame de zinc; un long fil de fer mis en contact avec le zinc et l'argent occasionna des contractions musculaires très-fortes; plusieurs personnes avec lesquelles je faisais ces expériences, ayant ensuite placé, ainsi que moi, le fil de fer sur leur langue, nous éprouvâmes une légère saveur piquante, toutes les fois que le contact du communicateur avec les deux armatures fut rétabli.

Chaînes formées entre des muscles.

J'eus occasion d'observer pendant l'été dernier, étant occupé d'autres expériences, que la jambe d'une grenouille écorchée et vidée, et dont la tête était coupée, ayant

été retournée et mise très-légèrement en contact avec le bras de la même grenouille, cela suffit pour occasionner des contractions très-marquées dans les muscles de cette partie ; cet effet se manifesta plusieurs fois de suite : on toucha les muscles, et même très-fortement, avec du bois et de l'ivoire, mais il n'en résulta pas la moindre contraction.

Les deux cuisses d'une grenouille très-vive, écorchée et vidée, dont le tronc ne tenait aux membres abdominaux que par les nerfs sciatiques, ayant été placées sur du zinc, un fil d'argent mis en contact avec ce métal et avec la tête de l'animal, excita plusieurs fois de suite, de fortes contractions dans tous les muscles du corps : ayant ensuite coupé la tête de cette grenouille ; et mis une des extrémités du fil d'argent en contact avec l'un des membres thorachiques, il en résulta un effet semblable.

Chaînes formées entre des nerfs.

Ayant adapté une lame de zinc au nerf du bras gauche d'une grenouille écorchée et

vidée, dont la tête était coupée, et une tige d'acier au nerf fémoral du même côté; un communicateur d'argent excita des extensions très-fortes dans les deux membres thorachiques et dans les deux membres abdominaux.

Une grenouille moins vive que la précédente, étant disposée comme elle, le contact immédiat des deux armatures, produisit des extensions dans les membres thorachiques et des flexions dans les membres abdominaux.

Ces deux expériences ont été faites au printemps sur des grenouilles mâles: répétées, dans la même saison, sur des grenouilles femelles, elles n'ont occasionné que des extensions dans les cuisses.

Une lame d'argent étant en contact avec les nerfs des deux membres thorachiques, et un morceau de platine avec les deux nerfs sciatiques, un communicateur de cuivre établi entre ces deux métaux, occasionna des contractions dans les deux membres thorachiques.

Les deux nerfs sciatiques d'une grenouille étant posés sur une lame de zinc, une tige d'argent en contact avec le zinc et avec l'un de ces nerfs, produisait des contractions musculaires d'autant plus fortes qu'on le mettait en contact avec un point du nerf plus voisin des muscles.

Effets galvaniques par adduction.

Ayant disposé les deux cuisses préparées d'une grenouille, de manière que le nerf fémoral de l'une portait sur une lame de zinc, et que le nerf fémoral de l'autre portait sur celui de la première cuisse, un communicateur d'argent établi entre le zinc et la seconde cuisse ne produisit des contractions que dans celle-ci ; le même communicateur étant placé entre le zinc et la cuisse dont le nerf portait immédiatement sur ce métal, il n'y eut des contractions que dans cette autre cuisse.

Les nerfs fémoraux des deux cuisses d'une grenouille étant posés sur les deux bouts

d'une plaque de zinc qui avait plus d'un demi-décimètre de long, les cuisses éloignées l'une de l'autre, et le tout placé sur une lame de verre bien sèche, en établissant communication avec un fil d'argent entre le zinc et l'une des cuisses, on excita plusieurs fois de suite de fortes contractions musculaires, non-seulement dans cette cuisse, mais encore dans l'autre.

Chaînes formées entre différents nerfs et muscles.

Ayant adapté une lame d'argent au nerf du membre thorachique gauche d'une grenouille, une lame de zinc au membre abdominal du même côté, un communicateur de cuivre excita des contractions dans l'un et l'autre membre ; cette expérience répétée du côté droit, produisit un effet semblable.

Le membre thorachique gauche étant armé avec du zinc, le nerf du membre thorachique droit avec de l'argent, un fil de

laiton touchant l'un et l'autre de ces métaux, donna lieu à des contractions également fortes dans les deux membres thorachiques.

Les nerfs des deux membres thorachiques étant munis d'une armature d'argent, et les deux membres abdominaux d'une armature de zinc, un fil de laiton établi entre les deux métaux occasionna des contractions musculaires violentes dans les deux membres abdominaux seulement.

Ayant passé une tige d'argent mince sous un nerf lombaire très-fin, dans une grenouille, et appliqué un morceau de zinc contre les parois musculeuses du bas-ventre, le contact de ces métaux excita des contractions dans tous les muscles de cette partie, et jusques dans la partie supérieure des cuisses.

L'efficacité des différentes substances propres à occasionner les phénomènes galvaniques et les modifications qu'elles y apportent,

ont, jusqu'à présent, fixé l'attention des physiciens bien plus que les effets eux-mêmes du galvanisme sur l'économie animale; c'est ce qui a déterminé à diriger spécialement les expériences précédentes vers ce dernier but.

La cause du galvanisme paraît résider dans le corps des animaux vivants, et n'être que déterminée à agir par les corps extérieurs; c'est donc de l'observation des phénomèmes que les animaux présentent, que l'on doit attendre le plus d'éclaircissements sur cet objet, qui est encore environné d'une grande obscurité.

Ne pourroit-on pas espérer de parvenir ainsi à des données importantes sur l'action des nerfs, qui est encore si peu connue? Sans parler des pointes métalliques de *Perkins*, faudrait-il renoncer entièrement à l'espoir d'employer utilement le galvanisme dans le traitement de certaines maladies? N'est-on pas, au contraire, porté à s'arrêter à cette agréable perspective, lorsqu'on ré-

fléchit que les fluides électrique et magnétique, qui ne sont ni particuliers aux corps vivants, ni sécernés dans les organes, comme le fluide galvanique semble l'être, exercent cependant une influence marquée sur le corps humain, dans l'état de santé et de maladie (6)? Cette considération fera sans doute regarder les recherches galvaniques comme méritant l'attention du médecin autant que celle du physicien et du naturaliste: ceux-ci, toujours satisfaits d'observer des objets nouveaux, recueillent, dans la contemplation de la nature, des matériaux que toutes les sciences et les arts sont appelés à utiliser: le médecin animé du desir constant de soulager les

(6) Observations et recherches sur l'usage de l'aimant, en médecine, par *Andry* et *Thouret*, mémoires de la Société de médecine. 1779, p. 531. — Mémoire sur l'affection particulière de la face, à laquelle on donne le nom de *tic douloureux*; par *Thouret*, ibid. 1782, p. 204. — Mémoire sur l'électricité animale, etc.; par *Mauduyt*, ibid. 1776, p. 461, 1777, p. 192, 1780, p. 264.

maux de l'humanité, s'empresse d'enrichir son art des nouvelles découvertes; et il se fait un devoir d'essayer avec prudence tous les moyens qui semblent promettre quelques secours dans le traitement des maladies. Il paraît que *Maunoir* a déja employé le galvanisme avec succès dans le traitement d'un tic douloureux, et il est à espérer que l'utilité dont cet agent peut être en médecine, sera appréciée exactement par des essais répétés.

Les expériences précédentes, qui ne peuvent être considérées que comme une ébauche de celles qu'il faudrait tenter, attestent: 1.° que les effets du galvanisme sont assez constamment différents sur les diverses parties des animaux; il semble même que des essais multipliés à ce sujet, pourraient offrir l'avantage de faire apprécier assez bien les forces respectives des divers muscles extenseurs et fléchisseurs; 2.° que le diaphragme est dans les animaux à sang chaud, le muscle, si non le plus fortement, au moins le plus aisément irritable, car il est le seul qui se contracte toujours violemment dans

les expériences sans chaîne, qui ne réussissent cependant que sur ceux dont l'irritabilité est exaltée: cette observation ne pourrait-elle pas conduire à déterminer les degrés respectifs de l'irritabilité des différents muscles? Ces expériences attestent, 3.° que, comme *Humboldt* l'a observé, les nerfs et les muscles vivants sont environnés d'une atmosphère active et sensible; condition qui, réunie à la propriété conductrice que les organes animaux partagent avec toutes les substances humides, appuie l'explication du professeur *Reil* sur l'action des nerfs, qui s'étend au-delà des points où ils se distribuent; 4.° que comme *Humboldt* l'avait aussi observé, le galvanisme peut exciter des mouvements dans des organes tout-à-fait indépendants de la volonté, comme le cœur et l'estomac; 5.° que le fluide galvanique provenant d'un animal à sang chaud, peut agir efficacement sur les nerfs de l'homme; 6.° que les phénomènes galvaniques ont lieu sans l'intervention d'aucun corps extérieur, qu'ainsi

la cause qui les produit, réside dans l'économie animale vivante; 7.° qu'ils peuvent se manifester au moyen d'une chaîne établie entre deux points d'un même nerf, et par adduction, dans des organes mis en contact avec quelque partie de la chaîne. 8.° La dernière expérience offre aux naturalistes, un moyen de découvrir dans de petits animaux, des distributions nerveuses trop tenues pour être disséquées sans un tel secours.

TABLE

Des Chapitres, et des principaux objets qui y sont traités.

INTRODUCTION.................... *page* 1
CHAPITRE I.................... 12
Irritation métallique.................... *ibid.*
Electricité animale.................... *ibid.*
Le galvanisme ne se manifeste que par la réaction de la fibre sensible.................... 13
Il ne paraît pas produire d'effets secondaires dans les substances inanimées.................... 15
Les phénomènes galvaniques sont modifiés selon les degrés de l'incitabilité des organes, et selon ceux de la force irritante.................... 19
La considération de l'incitabilité des organes a été négligée jusqu'à présent.................... 20
Double état de la fibre animale.................... 23
Incitabilité exaltée naturellement et artificiellement.................... *ibid.*
CHAPITRE II.................... 24
Conducteurs formés uniquement de substances animales.................... 25
Ancienne observation de *Cotugno*.................... 26
Expérience de *Galvani*, qui consiste à recourber les membres abdominaux d'une grenouille, vers les membres thorachiques.................... 27
Doutes élevés relativement à cette expérience.... *ibid*
Nouvelles expériences encore plus simples....... 30
Communication établie avec un morceau de nerf, entre un nerf et son muscle.................... 32
Communication établie d'un point d'un nerf à un

autre point du même nerf............... 33 et 35
Contact immédiat du nerf et du muscle auquel il se distribue.................... 35
CHAPITRE III.................... 37
Excitabilité exaltée.................... *ibid.*
Conducteur formé de substances métalliques et charbonneuses.................... *ibid.*
Conducteurs composés de métaux homogènes, formant chaîne, ou n'en formant pas........... 38
Nouveaux phénomènes d'irritation, occasionnés par le simple contact de l'armature du nerf, sans chaîne établie entre cette armature et les fibres musculaires.................... 39
Discussion relative à l'homogénéité des métaux. 44
Réponse aux objections de *Volta* contre les expériences d'*Aldini*.................... 52
Résumé.................... 56
CHAPITRE IV.................... 61
Excitabilité exaltée.................... *ibid.*
Conducteurs formés par des corps excitateurs hétérogènes, présentant cinq cas différents....... 64
Excitabilité moindre.................... 66
Armatures hétérogènes mises dans un contact immédiat ou unies par des corps excitants....... 67
Chaîne galvanique comprenant un métal hétérogène dont une des faces est couverte d'un fluide en vapeur.................... 72
Expériences avec la vapeur de l'haleine........ 73
Preuves que les substances animales agissent à une certaine distance.................... 77
Atmosphère conductrice.................... 79
Son étendue dépend de la vitalité.............. 80
CHAPITRE V.................... 85
Signes adoptés pour représenter clairement et

simplement toutes les conditions du galvanisme. 86
Formules employées pour exprimer les cas positifs et les cas négatifs........................ 88
Grande réserve à apporter dans les conséquences des expériences négatives.................... 95
CHAPITRE VI.................................... 97
Formation et composition de la chaîne galvanique. *ibid.*
Influence de l'étendue des surfaces des armatures sur les phénomènes.......................... 100
Ces phénomènes peuvent-ils avoir lieu sans irritation des fibres sensibles?.................. 102
Influence de la situation respective des corps excitateurs..................................... 104
Métaux purs 109
Sulfures métalliques............................ 112
Oxyde de manganèze............................. 118
Charbon de bois................................. 120
Charbon de terre................................ 124
Blende charbonnée............................... 125
Graphit... 126
Pierre de Lydie................................. 127
Schiste alumineux............................... 132
L'eau... 133
La glace.. 134
L'eau en vapeurs................................ *ibid.*
Les acides...................................... 135
L'huile... *ibid.*
Les alkalis..................................... *ibid.*
Le savon.. 136
Tous les corps graisseux, résineux, gommeux... 140
Différence entre les propriétés des substances animales et celles des substances végétales....... 141
Utilité de l'épiderme........................... 145
Y trouve-t-on des vaisseaux?.................... 147

Observations chimiques sur la propriété conductrice en général.. 150
Il est des hommes qui ont une propriété isolante. 151
Certaines parties du corps vivant naturellement isolantes, peuvent devenir conductrices....... 155
La sensibilité momentanée que quelques parties éprouvent, suppose-t-elle des nerfs particuliers? 159
Application des considérations précédentes à la pathologie... 160
Propriété conductrice des morilles............. 166
Chapitre VII.. 174
Table des substances conductrices du fluide galvanique.. 175
Moyen de réunion des nerfs.................... 177
Il n'est pas nécessaire que l'organe vivant fasse immédiatement partie de la chaîne........... 178
Longueur des conducteurs...................... 181
La fibre nerveuse vivante, sert, comme les réactifs chimiques, à déterminer la nature de certaines substances.. 182
Elle est anthracoscope.......................... 184
Formes diverses des excitateurs, et contractions qu'ils occasionnent................................ 185
L'irritation se continue-t-elle pendant tout le temps que la chaîne reste fermée?............ 188
Double chaîne.. 192
Ce qui se passe dans les substances conductrices... 193
Dilacération et section complète des nerfs...... 206
Ligatures des nerfs et des artères............. 207
Preuves de l'existence d'une atmosphère irritable et sensible.. 209
Comment elle disparaît avec la vitalité......... 211
Application physiologique et pathologique à la théorie du toucher, du goût, à la reproduction

des nerfs, et à plusieurs phénomènes des sympathies.................................... 217
CHAPITRE VIII................................ 232
Il faut que les muscles soumis au galvanisme soient unis organiquement avec un nerf............. *ibid.*
Chaleur des excitateurs........................ 234
Essais de *Wells* sur leur frottement............ 236
La propriété excitante peut être communiquée par un simple choc.............................. 237
Effets des milieux sur le galvanisme........... 240
Essais faits dans sept espèces de gaz, dans le vide, dans l'air condensé, et dans les liquides..... 242
Phénomènes galvaniques dans les plantes...... 247
Aperçu de la structure intérieure des végétaux. 250
Où doit-on chercher la fibre sensible dans les végétaux?..................................... 261
Nerfs des vers................................. 254
des sangsues............................... 255
des lombrics................................ 257
de plusieurs espèces de seiches........... 260
Anatomie des plus petits vers aquatiques....... 261
Expériences faites sur les naïades............... 262
sur les lernées............... 264
sur les tænias................ 266
sur differentes espèces d'ascarides *ibid.*
Observations zootomiques...................... *ibid.*
Des insectes et de leurs nerfs.................. 267
Des poissons.................................. 282
CHAPITRE IX................................ 285
Des amphibies................................. 286
Leur sommeil d'hiver augmente leur irritabilité. 287
Causes de ce phénomène....................... *ibid.*
L'exercice des facultés intellectuelles débilite les fibres musculaires et les vaisseaux secrétoires.. 297

Décompositions qui peuvent avoir lieu dans le cerveau, simultanément avec la pensée......... 297
Chaleur des grenouilles......................... ibid.
Observations physiologiques sur les grenouilles... ibid.
sur les lézards...... 299
sur les crapauds.... 300
sur les tortues...... ibid.
Des oiseaux.................................... 301
Galvanisation du poussin dans l'œuf........... ibid.
Des animaux mammifères........................ 302
Phénomènes observés dans l'homme............ ibid.
Par quelles anastomoses nerveuses, le galvanisme affecte-t-il l'organe de la vue?............... 306
Sympathie dans un sens inverse, entre le nerf nazal et le nerf maxillaire supérieur............... 313
Essais de *Volta* sur la langue................... ibid.
Toutes les saveurs métalliques sont peut-être des effets du galvanisme.......................... 318
Expériences dans les cavités nasales, dans l'alvéole d'une dent, sur des plaies à la main, sur des plaies faites par des vésicatoires............. 319
Prompt changement qu'elles ont occasionné dans la nature de la sérosité...................... 322
Qualité corrosive qu'elles lui ont donnée...... 323
Conséquences physiologiques qu'on peut en tirer.. 326
Application de ces observations aux phénomènes du tact.................................... 328
Effets produits vers l'origine des nerfs, dans le cerveau................................... 330
Lueurs apparentes occasionnées en établissant communication au moyen de deux métaux, entre la bouche et l'anus...................... 332
Comment on peut rappeler à la vie, des oiseaux frappés de mort en apparence................ 333

Expériences de *Grapengiesser*, relatives à l'influence de l'irritation des nerfs sur les mouvements péristaltiques du canal intestinal....... 336
Conclusion qu'on peut en tirer................ 339
Le cœur et d'autres muscles involontaires, sont affectés par l'irritation métallique.......... 340
Considérations sur les nerfs du cœur.......... 347
CHAPITRE X.............................. 350
Cause dès phénomènes galvaniques............. 354
Théorie de la bouteille de Leyde, appliquée au galvanisme par l'école de Bologne........... 357
Opinion de *Valli*.......................... 361
Les organes animaux sont-ils purement passifs dans le galvanisme, et ne font-ils qu'obéir à une irritation extérieure?.................. 362
Propriété électrique des métaux............... 363
Théorie ingénieuse de *Volta*, sur la destruction de l'équilibre électrique entre trois substances. 368
Expériences qui réfutent sa théorie............ 374
Les organes pouvant manifester seuls et par eux-mêmes les phénomènes galvaniques, il est évident qu'ils renferment la cause stimulante.... 381
Conditions nécessaires pour que l'irritation métallique reste efficace dans les différents degrés d'affaiblissement de l'irritabilité.............. 383
Théorie de l'auteur, fondée sur l'existence d'un fluide particulier dans les organes, et sur son accumulation occasionnée par les obstacles qu'il rencontre.................................. 391
Essai d'une explication de tous les phénomènes, fondée sur un petit nombre de principes simples, 392
La théorie proposée n'exclut pas la coopération d'autres causes dans les phénomènes galvaniques, telles que la propriété électrique des mé-

taux, leur température, la décomposition des fluides.......... 423
Est-il indispensablement nécessaire d'admettre l'émanation d'un fluide?.......... 424
Essai d'une explication purement dynamique.... 425
Les fluides galvanique et électrique sont-ils identiques?.......... 427
Nouvelles expériences qui réfutent cette identité. 434
Le fluide galvanique est-il une modification du fluide électrique?.......... 444
Aperçu de ce que l'on sait sur la nature chimique de l'électricité.......... *ibid.*
Il n'est pas prouvé que les poissons appelés électriques, présentent des phénomènes électriques. 451
Influence de la force magnétique sur les organes sensibles.......... 453
Peut-être les fluides galvanique, électrique et magnétique, ne diffèrent-ils que très-peu les uns des autres.......... 454
Quelle peut être l'influence de l'eau évaporée et décomposée?.......... 457
Effets de l'oxygène.......... 462
Nouveaux essais sur la décomposition de l'eau, au moyen du contact de métaux hétérogènes.... 471
Doutes proposés sur l'explication du galvanisme donnée par *Creve*.......... 473
Effets particuliers du zinc.......... 476
Atmosphère active des organes vivants.......... 479
Hypothèses qui y sont relatives.......... 480

FIN DE LA TABLE.

EXPÉRIENCES

SUR

LE GALVANISME,

ET EN GÉNÉRAL

SUR L'IRRITATION DES FIBRES MUSCULAIRES ET NERVEUSES.

INTRODUCTION.

Je me suis occupé, depuis plusieurs années, à comparer beaucoup de phénomènes des corps vivants, à ceux de la nature morte. Ce travail m'a conduit à des expériences qui semblent mettre sur la voie du procédé chimique de la vitalité.

Une partie organique, pourvue de fibres irritables et sensibles, séparée du corps d'un

animal, peut passer, en quelques secondes, de l'inexcitabilité la plus complète, au plus haut degré d'incitabilité, et repasser ensuite de cet état, au premier. Ces changements peuvent être renouvelés quatre ou cinq fois dans un nerf, aussi aisément qu'un musicien tend et détend les cordes d'un instrument. J'ai traité des organes animaux, pendant des heures entières, avec l'acide muriatique oxygené, l'acide nitrique, les alcalis, les arseniates, l'opium et l'alcohol, et ils sont restés presqu'intacts après l'action de ces substances de nature très-opposée.

Ayant observé, dans les parties animales, la faculté d'agir à une certaine distance, j'ai tâché de faire apercevoir sensiblement l'étendue de leur action qui est proportionnée aux forces vitales.

J'espère parvenir à prouver que l'irritabilité n'est pas uniquement due à l'oxygène, comme l'ont pensé des physiologistes modernes, et comme mes propres expériences sur les végétaux avaient semblé l'annoncer. L'azote et l'hydrogène contribuent pour beaucoup à cette propriété des fibres animales; et elle paraît dépendre principalement de l'action réciproque de ces divers principes.

Il aurait peut-être été plus sage de multiplier pendant plusieurs années mes essais dans le silence, que de les offrir maintenant au public; mais je m'y détermine, me proposant de m'occuper d'autres objets : on sait d'ailleurs que des découvertes publiées deviennent souvent plus fécondes en conséquences utiles, dans d'autres mains que dans celles de l'inventeur. Je ne cherche qu'à rassembler les faits, et à les exposer avec toute la clarté qu'exige une semblable matière. Je commence par les phénomènes galvaniques, parce que je crois prouver incontestablement, d'après mes expériences, que dans ces phénomènes étonnants, le stimulus provient, en grande partie, des organes; qu'ils ne sont pas purement passifs, et qu'ils se comportent comme des substances électroscopiques.

J'ai eu d'autant plus à cœur de m'occuper du galvanisme, que ses progrès me parurent lents, et que l'on croyait généralement qu'il ne réussissait que sous des conditions peu variées. M'en étant constamment occupé, depuis l'hiver de 1792, malgré des voyages continuels, les physiciens n'ont pas à craindre qu'il ne leur soit offert ici que des expériences faites à la hâte, et tentées sous un petit nombre de rapports. Il est si aisé de se munir, même à cheval,

d'une couple de plaques métalliques, de petites pinces, de lames de verre et de scalpels; que je voyageais rarement sans ce petit appareil * (1).

Les recherches auxquelles je me suis livré sur l'incitabilité des plantes, et qui ont été publiées il y a deux ans (2), m'ont conduit à l'étude des corps organisés en général; car on ne saurait nier que les animaux et les végétaux ne soient l'objet d'une anatomie et d'une physiologie qui leur sont (3) communes.

Je me suis abstenu soigneusement de toute prévention théorique dans les expériences galvaniques, ou plutôt je les ai dirigées comme s'il s'agissait de prouver le contraire des principes reçus jusqu'à present sur l'irritation métallique, cette méthode me paraissant la plus féconde en découvertes.

Quelque simples que soient ces expériences en elles-mêmes, on verra combien il est intéressant d'observer les divers effets des substances excitantes et conductrices. Je rapporte séparément, et dans l'ordre où elles se sont présentées, les observations que j'ai faites depuis trois ans, tant sur cet objet en particulier, que sur l'irri-

* Voyez à la fin de l'ouvrage.

tabilité des muscles en général. Elles s'accumulaient chaque jour; mais, distrait par des occupations entièrement étrangères à cet objet, je ne pensais pas à les publier. Quelques-uns des premiers physiologistes actuels m'y engagèrent fortement, et je ne commençai qu'alors à mettre quelque prix à un travail entrepris uniquement pour mon instruction. Mais, parcourant des montagnes désertes, habituellement privé de toute communication littéraire, et occupé principalement des travaux des mines, je m'étais livré à l'étude de la nature, sans entendre parler de ce que les autres physiciens inventaient et publiaient : cet isolement fit que je m'attribuai longtemps plusieurs de leurs expériences, par exemple, celle de *G. Hunter*, qui consiste à apercevoir des lueurs, sans contact avec les yeux. L'ouvrage de *Fowler* *, sur l'influence galvanique, me tira d'erreur. Commençant alors à rassembler tout ce qui avait paru sur le même sujet, depuis le mémoire de *Galvani*, intitulé *de viribus electricitatis in motu musculari*, et à le comparer à ce que j'avais observé, je

* Fowler's experiments and observations relative to the influence lately discovered by M. Galvani. Edinb. 1793.

me fis une loi de ne conserver que ce que des recherches plus rigoureuses et plus étendues sembloient confirmer parmi des faits déja connus, ou ce que je crus pouvoir considérer comme nouveau. J'étais presqu'à la fin de ce travail, et j'avais communiqué, au printemps de l'an 4, une partie du manuscrit aux professeurs *Sœmmering* et *Blumenbach*, lorsque *Pfaff* publia son livre sur l'électricité et l'irritabilité animale. Le grand nombre d'expériences rassemblées dans cet excellent ouvrage, fait pour servir de modèle à ceux qui traitent de semblables matières, me surprit agréablement, parce que des voies différentes nous avaient conduits l'un et l'autre aux mêmes résultats. Mais j'avoue que j'en ressentis aussi quelque regret, par la difficulté d'atteindre à la même perfection : il fallut me résoudre à refondre de nouveau mon travail en entier. Je supprimai la moitié des expériences : un voyage que je fis alors en Italie et en Suisse, retarda encore la publication de ce que j'avais conservé ; mais ce nouveau retard devint avantageux, en me mettant à même de communiquer mes recherches à plusieurs physiciens célèbres. Les observations que me firent *Jurine*, *Pictet*, *Scarpa*, *Tralles* et *Volta*, à qui je répétai mes expériences, rectifièrent

mes idées. Je n'oublierai jamais les instants d'instructions qu'ils m'ont prodigués : leurs réflexions m'ont conduit à des recherches intéressantes et nouvelles ; et je ne crois pouvoir mieux leur en témoigner ma reconnaissance, qu'en en faisant un utile emploi.

J'ai tâché de rassembler toutes mes observations sur l'irritation et l'incitabilité de la fibre sensible et irritable. Je commence par le galvanisme ; non qu'il me paraisse la partie la plus importante de l'ouvrage, mais parce qu'il conduit aux autres recherches. Comme il serait peu intéressant d'exposer plus au long l'histoire de mes observations, et qu'il ne s'agit que des résultats, je me contenterai d'indiquer ici les principaux, sans liaisons et dans l'ordre suivant, comme ils se sont présentés à moi.

Conditions générales du galvanisme. — Contractions musculaires dans les différents degrés d'incitabilité. — Contractions produites par le moyen des substances animales seulement, par des métaux ou par des substances carbonnées. — Cas positifs et négatifs déterminés d'après des faits constants. — Signes généraux employés pour représenter ces cas selon la méthode analytique. — Observations particulières sur les substances excitantes et conductrices. — Effets anthracos-

copes * des nerfs. — Ligature et section des nerfs. — Passage du fluide galvanique, par des substances non contiguës. — Sphère d'action des nerfs, et détermination de son étendue, selon les différents degrés de vitalité. — Examen de ce qui se passe dans le conducteur. — Irritation galvanique, considérée dans l'homme, dans les mammifères, les oiseaux, les amphibies, les insectes, les vers, et présentant deux sortes de phénomènes; des contractions et des sensations. — Expériences sur les nerfs du cœur et sur ceux d'autres muscles, dont l'action est involontaire. — Manière d'expliquer l'irritation galvanique et les phénomènes qui en dépendent. — Théorie de *Galvani*, analogue à celle des bouteilles électriques. — Hypothèse de *Volta*, et sa réfutation. — Utilité de l'irritation métallique, pour la connaissance des propriétés vitales des nerfs et des muscles, et même pour la médecine pratique. — Nouvelle manière de déterminer les degrés d'incitabilité des organes, par les expériences galvaniques. — Recherches sur les irritants propres à la fibre sensible et irritable, et sur la différence qu'il y a entre irriter, fortifier et augmenter l'incitabilité. — Digres-

* Qui indique la présence du charbon.

sion relative au systême de *Brown*, et aux effets sthéniques et asthéniques. — Action des alcalis sur les nerfs, et des acides sur les muscles : expériences sur les organes animaux, avec l'oxyde d'arsenic, l'acide muriatique oxygené, l'ammoniac et d'autres substances. — Excitabilité de ces organes exposés à la lumière solaire, à différents degrés de température, dans le gaz oxygène, le gaz azote, le gaz hydrogène. — Examen de cette question : l'augmentation, ou la diminution de l'excitabilité, dépend-elle d'une modification dans la structure intime des fibres nerveuses et musculaires, ou du mouvement très-subtil d'un fluide gazeux ? — Conjecture sur le procédé chimique de la vitalité. — Force et débilité musculaires. — Mort : double état de la fibre animale après la mort. — Putréfaction, et effet de la force nerveuse sur la putréfaction. — Nature des substances animales, et influence de la force vitale sur elles. — Définition de la matière vivante et de la matière inanimée ; conjectures sur l'individualité animale.

Tels sont les principaux objets traités dans cet ouvrage. On aurait pu le rendre plus agréable qu'il n'est, en ménageant des transitions entre les différentes idées, et il paraîtra peut-être imparfait sous ce point de vue ; mais les oc-

cupations scientifiques ne me laissant pas de loisir, je préfère le laisser tel qu'il est, au risque de m'attirer quelque reproche *.

Plusieurs de mes expériences sont tellement en contradiction avec ce que l'on sait, jusqu'à présent, sur l'irritation musculaire, qu'on pourrait être porté à m'accuser d'erreur ou de précipitation; mais j'observe, en général, que toutes les expériences intéressantes ont été suivies pendant des heures entières, et répétées sur des lames de verre bien sèches; qu'elles ont réussi dans huit ou dix individus différents, pris parmi les animaux à sang froid et parmi ceux à sang chaud; et que toutes les circonstances ont été scrutées attentivement.

La marche que j'ai suivie doit me mettre à l'abri des reproches que se sont attirés plusieurs physiciens. Tout ce qui a paru douteux a été retranché. Je crois cependant devoir prévenir, que je crains surtout de m'être trompé dans les expériences faites pour déterminer les cas négatifs, c'est-à-dire, ceux où il n'y a ni sensations ni mouvements : ces deux effets sont dus à une

* On a fait, dans cette traduction, quelques changements dans la disposition de l'ouvrage : la plupart, selon l'avis de l'auteur lui-même.

irritation, mais elle ne peut se manifester qu'autant qu'elle se rencontre avec le degré convenable d'incitabilité dans les organes ; et quoique j'aie disséqué plusieurs centaines d'animaux, il est probable que je n'ai point atteint au maximum de l'incitabilité, que je ne l'ai rencontré ni dans des parties traitées dans l'état naturel, ni dans celles qui ont été traitées avec les dissolutions alcalines, ou avec l'acide muriatique oxygené.

Je termine cette introduction, peut-être déja trop longue, en priant le lecteur de ne pas confondre mes faibles expériences avec les idées théoriques que je me suis permis de répandre çà et là. Les premières resteraient incontestables, quand même les autres, auxquelles je n'ajoute aucune importance, seraient entièrement réfutées. Je sépare d'autant plus volontiers les expériences de la théorie, que je ne suis pas assez versé dans la physiologie, pour me permettre de prononcer avec quelque assurance sur les causes des phénomènes.

CHAPITRE PREMIER.

Irritation métallique. — Electricité animale. — Le galvanisme ne se manifeste que par la réaction de la fibre sensible. — Il ne paraît pas produire d'effets secondaires sur les substances inanimées. — Les phénomènes galvaniques sont modifiés, selon les degrés de l'incitabilité des organes et selon ceux de la force irritante. — La considération de l'incitabilité des organes a été négligée jusqu'à présent. — Double état de la fibre animale. — Incitabilité exaltée et diminuée naturellement et artificiellement.

On a désigné sous les noms d'*irritation métallique* *, ou d'*électricité animale*, les phénomènes observés par *Galvani* dans les muscles unis avec des nerfs.

L'expression, *électricité animale*, est hasardée**, et celle d'*irritation des métaux* est véritablement fautive; les substances carbonnées pou-

* Klein, diss. de met. irritamento veram ad explorandam mortem. Mogunt. 1794.

** Pfaff, l. c. pag. 9. — Gren jour : den Phy. C. B. page 408. — Volta se sert aussi de l'expression, élec-

vant servir d'excitateurs, aussi bien que les substances métalliques, et des contractions pouvant même être produites dans les muscles sans aucune de ces substances, à l'aide d'un simple conducteur animal. L'expression, *irritation galvanique*, employée pour exprimer la cause inconnue des mouvements des muscles, me paraît moins fautive; et celle de *galvaniser*, me semble convenable pour exprimer l'action qui produit l'irritation elle-même. Je me sers ordinairement de cette façon de parler, dont la briéveté est commode; il m'arrive cependant quelquefois de dire *irritation métallique*, mais quand on a bien saisi les idées, ces termes techniques sont véritablement assez indifférents.

L'excitabilité est en général une propriété des substances animales et végétales, une prérogative dont jouit la matière organisée; l'irritation galvanique n'agit manifestement que sur les parties organiques pourvues de fibres sensibles: elle suppose réaction de la force vitale, et appartient à ce que *Hufeland* appelle *action vitale* *. La

---

tricité métallique. — Brugnatelli, Giornale fisico-medico 1794. Agosto, page 100.

* Hufeland, Ideen über Pathogenie und Einflus der Lebenskrafft auf Entstehung der Kranckheiten. 1795, page 19.

possibilité de produire des mouvements dans le muscles, au moyen d'une communication établie entre eux et les nerfs uniquement par des parties animales, semble prouver que les fibres nerveuses ne sont point passives dans l'irritation, comme le seraient des substances électroscopiques et hygroscopiques. Dans ces phénomènes l'activité vient donc des fibres nerveuses; et ce principe serait toujours vrai, quand même une substance de la nature morte, telle que le fluide magnétique ou la lumière, entrerait pour quelque chose dans le galvanisme; car il n'est question que du phénomène de l'irritation, et non de sa cause matérielle, qui, d'ailleurs, n'est peut-être pas simple. La contraction des cavités gauches du cœur, déterminée par la présence du sang qui a traversé les poumons, est un phénomène vital, quoique la propriété irritante du sang artériel paraisse due à l'oxygène atmosphérique avec lequel il s'est combiné (4). La substance quelconque qui produit les contractions n'en est pas la seule cause; elles résultent aussi d'une action de la substance animale, combinée d'une certaine manière *.

* Reil's Archiv. für die Physiologie, etc. page 158.

Quoique les phénomènes galvaniques ne se manifestent que sur des substances excitables, ils pourraient cependant bien être accompagnés d'effets secondaires sur les substances inanimées, avec lesquelles les premières sont en contact. Il serait facile de démontrer *a priori*, qu'il doit s'opérer quelque changement, pendant l'irritation, sur les parties du conducteur établi entre l'armature du muscle et celle du nerf; peut-être ces changements ne nous échappent-ils que parce qu'ils sont trop faibles pour être aperçus par nos sens. J'ai fait passer le fluide galvanique à travers des liquides colorés et des dissolutions salines; mais, après avoir continué longtemps cette opération, je n'ai observé aucun changement dans la couleur, la température, l'évaporabilité, la cristallisation, et enfin aucune altération dans la combinaison chimique. *Chladni*, dont les découvertes sur le son doivent être rangées parmi les plus intéressantes de ce siècle, me fit observer que, s'il y a quelques oscillations dans les excitateurs métalliques, il serait peut-être possible de les apercevoir par des figures qu'elles traceraient sur ces substances, au moyen de certains procédés.

Je répandis, sur des plaques très-unies de zinc et d'argent, du marbre réduit en poudre

très-fine, ou de la poussière du lycopodium; mais il ne se forma jamais de figures. Il est inutile d'observer que ces essais ne prouvent cependant pas l'absence des oscillations; car, en frappant des lames de verre, il en résulte certainement une secousse, mais elle n'est pas apte à produire les figures de *Chladni*.

On pourrait conclure de quelques passages des ouvrages de *Volta* * sur l'électricité animale, que des métaux hétérogènes, mis dans un conducteur en contact avec des corps humides, comme du papier, du cuir, du drap humide, ou même de l'eau, éprouvent, dans certaines circonstances, des effets visibles; mais j'ai appris de ce célèbre physicien lui-même, à Como, que ces passages ont été mal interprétés. Quoique *Volta* croie devoir conclure de son hypothèse sur le galvanisme, que le fluide électrique peut être déterminé à prendre ce cours —> plutôt que celui-ci <—, lorsqu'il traverse trois corps différents mis en contact, il convient qu'il n'a jamais aperçu ce cours; il regarde même comme impossible que l'électromètre le fasse apercevoir, tant d'après les raisons alléguées

---

* Volta, sur l'électricité animale, traduit en allemand par Mayer, etc. page 9.

guées par *Pfaff* *, que par des expériences qu'il a faites sur des animaux très-vifs. Mais cette impossibilité présumée d'apercevoir les effets du galvanisme sur les substances de la chaîne, n'est fondée que sur la prétendue analogie du galvanisme avec la décharge de la bouteille de Leyde, théorie qui est réfutée par l'expérience suivante.

Valli **, à Pise, posa sur une même armature les nerfs cruraux de quatorze grenouilles; il pensait que la décharge de cette batterie de grenouilles pourrait faire apercevoir, à l'aide de brins de paille placés près d'elle, ou au moyen de l'électromètre, quelques signes du passage d'un fluide d'une substance à une autre. *Kühn* tenta aussi cette expérience intéressante à Leipzic, avec l'électromètre de *Bennet*, et il vit les feuilles d'or de cet instrument s'approcher des parois du cylindre de verre ***. Mais la manière dont ils firent leurs expériences laisse encore soupçonner, que les effets observés dans ces cas

---

* Pfaff, l. c. pag. 377.

** Rozier, journal de physique, tom. 41, pag. 79.

*** Etwas über die Kuren des Grafen von Tuhn. Leipzig, 1794, pag. 20.

sont dus à un frottement léger qui a pu affecter des instruments très-sensibles ; d'autant plus que les expériences dans lesquelles l'électromètre fait partie du conducteur réussissent mal. C'est ce qu'ont remarqué *Volta*, *Fowler*, *Creve*, *Lichtenberg* *, *Schrader* et *Pfaff* ** ; c'est ce que j'ai observé moi-même avec les plus fortes batteries de nerfs sciatiques et cruraux de grenouilles. *Valli* fit deux essais ***, dans lesquels il vit les poils d'une souris s'élever et s'abaisser électriquement ; mais, comme il conservait quelques doutes sur l'exactitude de son observation, je me décidai à la répéter.

Je préparai deux souris et un jeune rat, de manière qu'une partie des cuisses restât couverte des téguments ; j'armai les nerfs et les muscles avec du zinc et de l'or : il en résulta de fortes contractions dans les membres, mais je ne remarquai pas le moindre mouvement dans les poils, quoique les fibres irritables placées plus profondément fussent atteintes par la cause irritante (5).

---

* Grens, journal 7. B. pag. 330.

** Pfaff, l. c. pag. 373.

*** Gœttling und Hufeland Aufklærungen der Arzeneywissenschaft, pag. 187 et suiv.

Je réunis sur une armature les nerfs de six cuisses de grenouilles, et je disposai entre elle et l'armature des muscles une longue chaîne composée de plusieurs métaux, de charbon, de queues de rats, du nerf crural d'un lézard commun, de morilles, de morceaux de jambon cuit, et de chair de souris couverte d'une partie de sa peau. La chaîne était conductrice dans tous les points ; mais je ne remarquai, pendant les phénomènes galvaniques, aucun mouvement dans les poils des souris et du rat. Il s'ensuit que les effets secondaires du fluide galvanique ne sont pas, jusqu'à présent, prouvés d'une manière satisfaisante. De même, les changements qui s'opèrent dans les molécules d'une plaque d'étain, lorsque l'aimant agit à travers ce métal, sur du fer, du nickel ou du cobalt, échappent entièrement à nos sens. Nous abandonnons en conséquence ces recherches sur les effets qu'éprouvent les substances inanimées faisant partie de la chaîne galvanique, pour revenir aux phénomènes que présentent les fibres irritables et sensibles.

Si le galvanisme consiste dans une irritation, il est évident, d'après les plus simples notions de physiologie, que le succès des expériences dépend autant de l'incitabilité et de l'excitabi-

lité des organes, que de la force de la cause stimulante *. Il paraît qu'on n'a pas fait jusqu'à sent attention à cette condition : on a cherché à déterminer la force des différentes armatures, et à distinguer les substances conductrices des isolantes ; mais on a négligé de modifier l'excitabilité des organes employés aux expériences. Je me suis attaché à suppléer à cette omission ; et, en me proposant ce but, j'ai été conduit à des observations, qui contredisent fortement les principes reçus sur l'irritation métallique.

Lorsque j'étais à Steuben en Franconie, j'observai qu'en composant différentes chaînes avec des substances animales, par exemple, des petits morceaux de chair musculaire et avec des métaux, les contractions réussissaient, ou n'avaient pas lieu, selon la situation des parties qui formaient la chaîne. Cette observation me parut très-intéressante pour déterminer exactement les cas positifs et négatifs, et les conditions principales dont l'irritation dépend *. Mais je fis bientôt réflexion que le stimulus pouvait cependant avoir lieu, lors même qu'on ne remarquait

---

* Sœmmerring, Muskellehre, dans son ouvrage allemand, Vom Bau des menschl : Kœrpers 3. Heft. pag. 15.

** Pfaff, l. c. pag. 179.

aucune contraction, leur absence pouvant tenir au défaut d'incitabilité des organes. Je remarquai, par exemple, que lorsqu'on interposait six lignes cubes de chair musculaire fraîche, entre l'armature du nerf et celle du muscle (6) qui étaient l'une d'argent et l'autre de zinc, il ne se manifestait point d'irritation dans la plupart des animaux, mais qu'elles avaient lieu pendant six ou huit minutes, et même plus longtemps dans les animaux très-vifs. J'observai que des cuisses de grenouilles qui ne présentaient plus de contractions dans cette disposition, en manifestèrent encore lorsque j'eus placé sur leur nerf, de la chair musculaire fraîche. Les fibres épuisées reprenaient, par le repos, la plus grande sensibilité. C'est ce qui arriva aussi en plongeant dans une dissolution alcaline ou dans l'acide muriatique oxygené, le nerf crural d'une souris, qui n'était plus apte à produire des contractions dans l'expérience, fig. 1. La contraction de la cuisse fut alors si forte que le nerf s'écarta du zinc dont il était armé, dès que la pince d'argent soutenue par un corps isolant fut mise en contact avec la chair musculaire. Ce qui démontre évidemment que l'augmentation de l'incitabilité peut donner lieu à des effets qui n'existent point dans des circonstances en apparence les mêmes.

On voit donc qu'il est très-essentiel d'employer, dans les expériences, des animaux très-incitables, si l'on veut approfondir les lois de l'irritation métallique. Pour avoir des grenouilles très-vives, je préférais les jeunes, principalement les femelles, dans les jours frais de l'été, ou en hiver, après qu'elles avaient été conservées plusieurs jours dans une chambre, pour les tirer de leur torpeur hyémale (7). Mais je ne fus jamais à même de varier, par ce moyen, les expériences, et d'en approfondir les circonstances accessoires, comme je le fus en employant des parties dont les nerfs avaient été plongés dans des dissolutions alcalines, ou dans l'acide muriatique oxygené. Ce moyen simple produit les phénomènes les plus étonnants; il m'a procuré la facilité d'augmenter, à mon gré, l'incitabilité des fibres nerveuses, et de l'élever beaucoup au dessus de ce qu'elle est naturellement.

Comme un stimulus trop fort affaiblit les organes, j'occasionnai une atonie complète avec la dissolution chaude d'arsenic; et comme les acides ordinaires, répandus sur les nerfs, diminuent l'incitabilité, j'étais à même de faire passer, en peu de secondes, une substance animale du plus haut degré d'incitabilité, au dernier degré de faiblesse directe ou indi-

recte (8). Mais je remets l'exposition de ces phénomènes intéressants au chapitre où il sera traité de l'incitabilité des organes en particulier. Il me suffit d'avoir annoncé qu'il m'a été possible d'observer des faits qui ont dû échapper à des physiologistes qui n'ont fait usage, dans leurs expériences, que d'individus peu vifs.

Je passe à l'examen des conditions nécessaires pour que les mouvements aient lieu dans les expériences galvaniques. Je distingue deux états des organes animaux, celui de l'incitabilité exaltée naturellement ou artificiellement, et celui de l'incitabilité affaiblie. J'espère que l'on ne me reprochera pas de n'avoir pas assigné des limites précises à ces deux états. Il en est de même de certains phénomènes de chimie qui ont lieu à une température plus ou moins élevée, sans qu'on puisse déterminer exactement le degré auquel ils commencent. On tient compte, en pathologie, des différences de l'électricité dans le corps humain, par un air humide ou sec, sans qu'on puisse indiquer, avec précision, les degrés de sécheresse ou d'humidité * qui modifient cette électricité.

---

* Hufeland, Pathogénie, pag. 126.

CHAPITRE II.

Excitabilité exaltée. — Conducteurs formés uniquement de substances animales. — Ancienne observation de Cotugno. — *Expérience de* Galvani, *qui consiste à recourber les membres abdominaux d'une grenouille, vers les membres thorachiques. — Doutes qui se sont élevés relativement à cette expérience. — Nouvelles expériences encore plus simples. — Contact immédiat du nerf et du muscle auquel il se distribue. — Communication établie avec un morceau de nerf, entre un nerf et son muscle. — Communication établie d'un point d'un nerf à un autre point du même nerf.*

QUAND la fibre vivante, irritable et sensible, ces deux propriétés étant considérées comme réunies, se trouve dans un état d'incitabilité exaltée naturellement ou artificiellement, je distingue deux conditions dans lesquelles les mouvements musculaires ont lieu. Dans l'une, l'arc conducteur établi entre le nerf et le muscle, est uniquement formé par une substance ani-

male fraîche ; dans l'autre, il est composé de métal ou de charbon. La première de ces conditions sera l'objet de ce chapitre ; elle peut être appelée, *irritation galvanique sans armature et sans excitateurs métalliques ou charbonneux.* Elle présente des dispositions dans lesquelles on a généralement nié l'existence des phénomènes galvaniques. *Pfaff* * dit expressément dans son ouvrage : « Les parties animales humides, telles que les muscles, les « nerfs, les parties de végétaux fraîches, l'eau « et les corps qui en sont imbibés, ne sont nullement aptes à produire les contractions qu'on « excite à l'aide des métaux. Ces métaux, les « minerais, le charbon, le graphit, peuvent être « considérés comme les seuls excitateurs capables d'occasionner ces phénomènes. Des essais « faits dans différents états de l'atmosphère, sur « de grands animaux, selon toute apparence « très-irritables, et aussitôt après leur dissection, m'ont convaincu que des muscles armés « d'une manière quelconque, ne peuvent être « excités à se contracter par l'eau, ni par les

* Pfaff, l. c. pag. 49-199 et 200-238. — Gehler, phys. Wœrterbuch, tom. 5, pag. 286.

« parties animales fraîches ou humides, ni par « d'autres corps humectés. »

Lamethrie assure, dans ses Réflexions sur l'électricité animale, « que les substances anima- « les ne sont pas d'assez bons conducteurs pour « produire les effets des métaux, de la plomba- « gine et du charbon. » C'est ainsi que s'expriment presque tous les physiciens qui ont écrit sur cette matière *.

Plusieurs phénomènes observés par *Cotugno* à Naples, et par l'école de Bologne, semblaient mettre sur la voie de l'irritation galvanique produite sans le secours des métaux, ni du charbon. *Cotugno* voulant disséquer une souris vivante, la tenait en l'air, avec deux doigts, par la peau du dos; à peine la queue de cette souris eut-elle touché sa main, qu'il éprouva une forte secousse, et une espèce de crampe qui s'étendit des bras aux épaules et à la tête. La sensation qui en résulta dura pendant un quart d'heure **. Ce phénomène très-remarquable, qui fut publié avec plusieurs autres dans le *Journal encyclopédique de Bologne*, donna lieu

---

* Rozier, Journal de Physique 1793, pag. 293.

** Gothaisches magazin für das neueste aus der Physie etc. 8. B. pag. 121.

aux recherches électriques de *Vassali*, en 1789, et à celles de *Galvani*, en 1792. Il conduisit enfin à des découvertes importantes, quoiqu'on ait élevé beaucoup de doutes sur sa réalité *. *Galvani* trouva ** qu'une grenouille ayant été écorchée, vidée et préparée de manière que les membres abdominaux et thorachiques ne tenaient ensemble que par les nerfs sciatiques, il se manifesta de fortes contractions musculaires dans tout le corps de la grenouille, lorsque les muscles jumeaux et solaires furent repliés et mis en contact avec l'épaule. Il est étonnant que cette expérience importante ait été si longtemps ignorée en France et en Allemagne. *Volta* disait, dans une lettre adressée au professeur *Vassali* à Turin, que les contractions observées dans le cas dont il s'agit, dépendaient d'une irritation mécanique ou d'une pression sur les nerfs, et il finissait par conclure que ce fait ne prouvait rien. Mais j'ai répété l'expérience avec succès, et j'avais pris des précautions qui ne permettent pas de soupçonner que les nerfs aient éprouvé une secousse mécanique. J'ai vu souvent des contractions très-marquées,

* Gehler, l. c. pag. 295.

** Gren, neues, Journal der Physic. 2. B. pag. 169.

en rapprochant, sur un plan horizontal, les cuisses d'une grenouille de ses membres thorachiques.

Volta a, depuis, changé d'avis sur ce phénomène ; il m'a dit qu'il ne l'attribuait plus à une irritation mécanique, mais qu'il l'expliquait par l'interruption qui a lieu dans le cours du fluide électrique, au moyen de substances hétérogènes. Il m'a fait voir * qu'on pouvait rendre les contractions plus fortes, en frottant la poitrine et les membres de la grenouille avec du savon ou de la colle de farine. Il pense que le succès de l'expérience précédemment décrite, ne dépend que du contact de la partie tendineuse du muscle jumeau avec la poitrine encore humectée de sang; qu'il y a alors trois substances hétérogènes qui se touchent, le tendon, les muscles et les vaisseaux; qu'ainsi, il se rencontre ici les conditions propres à déterminer, selon sa théorie, le cours de l'électricité dans ce sens —>, ou dans celui-ci <— ; mais les observations que j'ai faites depuis peu, détruisent cette hypothèse. J'ai enlevé la peau d'une grenouille que je pré-

---

* Voyez la seconde lettre de Humboldt à Blumenbach, dans le Journal de Gren. vol. 2, pag. 475.

parai de manière que le tronc ne tînt aux cuisses que par le nerf sciatique, et je produisis des mouvements musculaires très - violents en recourbant la chair musculaire de la cuisse dépourvue de parties tendineuses, de manière à lui faire toucher le nerf sciatique ; circonstance dans laquelle le stimulus ne s'était pas encore manifesté : car il n'y a dans ce cas que deux substances en contact, des muscles et des nerfs unis organiquement. L'irritation ne provenait pas d'une pression mécanique, car les muscles restèrent en repos, lorsqu'on toucha le nerf sciatique avec de la chair musculaire, de la cire d'Espagne, ou d'autres substances non excitantes ; les contractions n'eurent également pas lieu, lorsqu'on fit l'expérience en couvrant le nerf d'une plaque de verre très-mince, ou d'une feuille de plante desséchée. *Volta* occasionna une irritation musculaire d'une manière presque semblable, en plongeant les membres d'une grenouille ainsi préparée, dans deux vases remplis d'eau (9) ; et en établissant ensuite communication, avec deux de ses doigts, entre ces vases. Il supposa encore, que dans ce cas, un concours singulier de circonstances accessoires avait occasionné une hétérogénéité dans ses doigts. Mais il ne s'agit pas ici de chercher

à soutenir une théorie, ou à la combattre ; il n'est question que de prononcer sur des faits ; et l'on conviendra que ceux qui ont été rapportés précédemment étant très-compliqués, ils ont dû naturellement donner lieu à des interprétations très-différentes. Ils supposent une préparation particulière de l'animal, et une certaine courbure donnée à ses membres qui sont véritablement composés de parties tendineuses, musculeuses, etc. ; ce qui fait qu'il est très-difficile de déterminer, quelle est celle de ces parties dont le contact est efficace. Je renonce à ce genre de recherches, et je me borne à des expériences simples que personne n'a encore faites, à ma connaissance.

Je détachai les cuisses d'une grenouille qui annonçait un haut degré d'excitabilité naturelle ; je découvris promptement le nerf crural (10) du côté droit, et je le posai, ainsi que tout le membre, sur une lame de verre bien sèche ; je touchai, en même temps, le nerf et le muscle avec un morceau de chair musculaire fraîche, attachée à un manche de cire d'Espagne qui est une substance isolante, et il y eut, à mon grand étonnement, de fortes contractions. Pour prévenir l'objection de *Volta*, fondée sur le soupçon d'une pression mécani-

que *, j'employai comme conducteur, au lieu de chair musculaire, du bois sec, de la corne ou de l'os ; mais je ne pus apercevoir ainsi aucune contraction. Bien plus, je touchai en même temps les fibres sensibles et les fibres irritables, avec les deux morceaux de chair musculaire, *x*, *y*. fig. 2, que je tenais avec des pinces isolantes. Selon *Volta*, il devoit y avoir alors irritation, mais il n'y eut irritation que lorsque ces deux morceaux de chair musculaire furent unis par un troisième, *z*.

Je préparai ensuite la cuisse gauche qui était abandonnée depuis un quart d'heure : le nerf crural était si peu sensible, qu'il fallait le pincer très-fort pour exciter des mouvements musculaires ; cependant toutes les expériences précédentes réussirent parfaitement sur cette cuisse : je remarquai, de plus, qu'en unissant *x* et *y*, au moyen de *z*, l'irritation était plus forte lorsque je touchais *x* d'abord, et ensuite *y*, que lorsque j'établissais le contact dans l'ordre inverse : une demi-heure après, il n'y avait plus de contractions en établissant communication du nerf au muscle, mais il y en avait de très-fortes en l'établissant du muscle au nerf. Cette circons-

* Gren, l. c. pag. 170.

tance qui est tout-à-fait analogue à ce que l'on observe dans l'irritation métallique, * ne permet pas de douter de la ressemblance de ces phénomènes avec ceux que produit cette irritation. J'ai obtenu les mêmes effets avec plusieurs autres grenouilles de terre et d'eau, le lézard ordinaire et la souris. Plusieurs fois les nerfs de ces animaux, n'occasionnant aucune contraction à leur degré naturel d'excitabilité, ils en occasionnèrent aussitôt qu'on les eut plongés dans une dissolution alcaline. Je coupai, dans plusieurs individus, l'extrémité du nerf crural, *x*, fig. 3, et je poussai ce morceau de nerf avec un tube de verre, pour lui faire toucher le muscle et le nerf; il en résulta aussitôt des contractions très-fortes. Or, il n'y a dans ce cas que deux substances différentes en contact, le nerf et le muscle; ce fait détruit donc la supposition de *Volta*, selon laquelle les phénomènes ne seraient dus qu'à un dérangement d'équilibre électrique, entre trois substances de nature différente.

Je doute qu'on puisse jamais parvenir à produire les phénomènes galvaniques par un moyen plus simple.

* Valli, dans Rozier, Journal de Physique, vol. 41, pag. 72. — Pfaff, l. c. pag. 10.

Il est à observer, que si la portion de nerf x, fig. 3, ou la portion de chair musculaire z, fig 2, n'est pas très-fraîche, et si en conséquence le conducteur n'est pas assez parfait pour produire des contractions, on en occasionnera en approchant x de la cuisse, à l'aide d'un fil de fer, au lieu d'un tube de verre. Ce fil de fer, ne touchant que la superficie de x, il ne se trouve, cependant, aucune partie métallique dans l'arc conducteur. Cette observation atteste la grande influence des métaux sur les phénomènes galvaniques, lors même qu'ils se trouvent dans un rapport fort éloigné avec les organes animaux.

Je suis aussi parvenu plusieurs fois à occasionner des mouvements, en établissant communication entre un point d'un nerf et un autre point du même nerf, au moyen de parties animales, et sans employer d'armature. Je saisis doucement le nerf crural, fig. 5, avec deux doigts de la main gauche, et je le touchai avec un petit morceau de chair musculaire que je tenais de la main droite. A l'instant il y eut des contractions violentes; elles étaient surtout très-fortes, quand je touchais le nerf près du muscle, mais non pas à son insertion même. Pour m'assurer que ce n'était pas une irritation mécanique, j'em-

ployai, au lieu de chair musculaire *x*, de l'ivoire bien sec, mais il n'y eut pas d'effets; et pour décider si, dans le premier cas, les contractions n'étaient pas dues à la pression des doigts, je divisai la substance musculaire *z*, en deux parties que je saisis de chaque main, et avec lesquelles je touchai le nerf en deux points différents. Le membre éprouva des mouvements forts dans cette expérience qui fut faite sur un lézard très-vif.

Je suis donc parvenu à exciter des mouvements musculaires bien marqués:

1.° En repliant la cuisse d'une grenouille, et en mettant ses muscles en contact avec le nerf sciatique qui lui était encore uni organiquement;

2.° En touchant en même temps le nerf crural et les muscles auxquels il se distribue, avec un morceau de muscle coupé;

3.° En employant une substance animale comme conducteur d'un point d'un nerf à un autre.

Dans le premier cas, le contact eut lieu entre des parties liées organiquement : dans les deux autres, il se fit avec une partie séparée, mais appartenante, peu d'instants auparavant, à l'organe irrité lui-même et homogène, ou à la

fibre sensible, ou à la fibre irritable. Dans l'expérience fig. 5, où il n'y eut que le nerf de touché, le conducteur est plus compliqué que dans les deux autres, car il comprend aussi les deux bras de celui qui fait l'expérience. Dans l'expérience fig. 3, où l'arc conducteur entre le muscle et le nerf n'est formé que par une portion de nerf, il est extrêmement simple, car il n'est composé que de deux substances.

Comme j'avais occasionné des contractions, en recourbant une partie charnue de la cuisse de la grenouille vers le nerf sciatique encore attaché au reste du corps, j'étais curieux de voir si, après avoir séparé le tronc, j'obtiendrais les mêmes résultats; mais toutes mes recherches ne m'ont fait apercevoir aucune contraction en retournant la cuisse vers le nerf fig. 6, ou réciproquement. L'expérience fig. 7, à laquelle je fus conduit par l'expérience fig. 5, fut également sans effet. Dans des animaux très-vifs, j'approchai la portion de nerf *v* du nerf crural *t*, de manière qu'elle le touchait en deux points différents, sans avoir aucun contact avec le muscle; mais il n'en résulta jamais de mouvements.

Comme dans l'expérience fig. 8, l'irritation produite par le conducteur *r* qui se termine au

nerf cesse, tandis que l'irritation occasionnée par le conducteur *s* qui se termine au muscle, dure encore, et qu'il semble que dans ce dernier cas, le stimulus est plus fort que dans le premier, ne doit-on pas en conclure, qu'à égal degré d'incitabilité, les contractions auront lieu dans l'expérience fig. 3, tandis qu'elles ne réussiront pas dans l'expérience fig. 7? et ne pourrait-on pas parvenir à augmenter l'incitabilité d'un animal, au point de produire avec l'appareil fig. 7, une irritation manifeste? mais il ne s'agit ici que de faits et non pas de conjectures.

CHAPITRE III.

Excitabilité exaltée. — Conducteurs formés de substances métalliques et charbonneuses. — Conducteurs composés de métaux homogènes, formant chaîne ou n'en formant pas. — Nouveau phénomène de l'irritation excitée par le simple contact de l'armature du nerf, sans chaîne établie entre cette armature et les fibres animales. — Discussion relative à l'homogénéité des métaux. — Réponse aux objections de Volta *contre les expériences d'*Aldini. *— Résumé.*

Nous allons maintenant nous occuper de phénomènes qui ont été beaucoup observés, mais qui, parce qu'ils sont compliqués, ont été les plus discutés et les plus combattus. Ces phénomènes ont lieu dans un haut degré d'excitabilité, et ils consistent dans des contractions occasionnées par des substances métalliques ou charbonneuses* : j'espère les ramener à un petit

* Pour éviter la répétition de *métal* et *charbon*, je ne nommerai que les métaux.

nombre de faits simples, en distinguant deux cas principaux; l'irritation produite par des métaux homogènes et l'irritation produite pas des métaux hétérogènes.

1.° *Les métaux homogènes* forment une chaîne complète entre les organes animaux*, ou ils n'en forment point. Les recherches bien remarquables que j'ai faites selon cette dernière disposition, sont celles que j'exposerai d'abord.

a. *Métaux homogènes ne formant pas chaîne* *. Tous les physiciens et physiologistes qui ont écrit sur le galvanisme prétendent qu'il ne peut y avoir de mouvement dans le muscle, fig. 8, que lorsque la pince d'argent dont une branche touche l'armature du nerf, est en contact par son autre branche avec le muscle même; ils ajoutent, qu'une couche d'air, n'eût-elle que $\frac{1}{12000}$ de ligne, interposé entre le métal et le muscle, empêche toute contraction comme le fait une lame de verre. Pour réfuter cette opinion, il me suffit de l'expérience singulière dont j'ai donné connaissance au professeur **Blumenbach**, dans la première

* Gren, l. c. 6. B. pag. 405. — Id. 8. B. pag. 279. — Pfaff, l. c. pag. 50. — Rozier, journal de physique, avril 1793, pag. 290.

lettre que je lui adressai *; je ne ferai pas même usage de l'expérience, qui consiste à exciter des contractions en approchant à $\frac{1}{4}$ de ligne du nerf, une des branches de la pince entourée de chair musculaire.

Dans des expériences que je faisais à la fin de l'automne de l'an 5, ayant posé le nerf crural d'une grenouille très-vive que je venais de préparer, sur l'armature de zinc *m*, fig. 9, je voulais joindre cette armature avec un muscle de la même cuisse, à l'aide d'un morceau de zinc *n*; mais à peine ces deux pièces de métal se touchèrent-elles, qu'il y eut des contractions très-fortes, sans qu'elles fussent en contact avec le muscle ou avec le nerf. Je répétai aussitôt cette expérience avec mon ami et mon compagnon de voyage *Freisleben* : notre étonnement fut extrême ; l'expérience ayant réussi pendant un quart d'heure, j'eus le loisir d'examiner attentivement toutes ses circonstances, afin d'être sûr de me garantir de toute illusion. Je trouvai qu'il était indifférent que le morceau de zinc *n* touchât l'armature du nerf *m* en *s* ou en *t*, et que je tinsse *n* à la main, ou que je le soutinsse avec un morceau de cire d'Espagne. Les contractions furent

---

* Gren, l. c. 2. B. pag. 123.

même très-fortes, en laissant tomber *n* sur *m*, sans toucher la substance animale; elles étaient également fortes, soit que je touchasse l'armature de zinc avec de l'argent ou du zinc, soit que l'extrémité *v* de *n* fût à une ligne de l'organe animal, ou qu'elle fût recouverte de chair musculaire fraîche (11). J'ajoutai un fil de fer de trois pouces de longueur *y*, fig. 10, à l'armature *m*, et j'en posai une extrémité sur la plaque de zinc *p*. Il y eut de fortes contractions, à l'instant même où je touchai cette dernière plaque de zinc avec l'autre morceau de zinc *n*. Elles cessaient aussitôt que le contact avait été établi entre les métaux; et, pour en exciter de nouvelles, il fallait écarter ces métaux l'un de l'autre, et rétablir ensuite entr'eux un nouveau contact. Il est à observer, que les effets résultant du contact de *n* et de *p*, différaient de ceux résultant du contact de *n* et de *m*, et qu'en frappant fortement *m* ou *p* avec de l'ivoire, de l'or, du bois d'ébène sec, du silex, du verre, on ne produisait aucune irritation.

Il restait à examiner s'il n'existait peut-être pas, sans qu'on s'en aperçût, un conducteur entre *n* et le muscle ou le nerf; et si cette expérience ne se rapportait pas, en conséquence, à celles où il y a une chaîne complète, au moyen

de laquelle il se fait une sorte de circulation du fluide galvanique. Je changai les lames de verre sur lesquelles l'appareil était posé ; j'en glissai une nouvelle sous *m*, etune autre *c*, fig. 11, sous la cuisse ; mais il n'y eut point de différence dans les contractions. Je laissai tomber un morceau de zinc sur l'armature *m* aussi de zinc, tandis qu'une autre personne tout-à-fait isolée soutenait en l'air la cuisse à laquelle le nerf était uni. Les mouvements musculaires semblèrent alors augmenter. Le contact du morceau de métal *n* avec *m*, fig. 11, ou *p*, fig. 10, semble donc devoir être considéré comme la cause de l'irritation, et *n* ne paraît agir que par *m* sur le nerf.

Mais on aurait pu objecter, qu'une émanation de *n* était transmise par l'air jusqu'à la cuisse de la grenouille ; en conséquence, pour ne rien omettre, j'imaginai l'appareil suivant. Je couvris *p* et *n*, fig. 12, d'une cloche de verre, que je fermai hermétiquement avec de l'huile versée dans le vase où elle était posée, et particulièrement à l'endroit où le fil de fer *y* passait sous son bord. Je poussai ensuite *n* contre *p* avec le bord de la cloche, et les contractions eurent encore lieu au moment du contact de ces deux morceaux de zinc. Or, il est impossible de sup-

poser, dans ce cas, d'autre communication entre *n* et les muscles de la cuisse, que par *p*, le fil de fer *y*, *s*, et le nerf.

Les deux cuisses de la même grenouille présentèrent des phénomènes semblables ; ils ne durèrent à la vérité que quatre à cinq minutes dans l'une des deux. A la fin de l'automne je réussis six à sept fois dans ces expériences, que je répétai avec le docteur *Schallern*, médecin très-instruit, sur plusieurs grenouilles sorties de l'engourdissement hyémal par leur séjour dans une chambre chaude ; nous fûmes convaincus que la condition essentielle pour que les contractions aient lieu, est que le métal qui sert d'armature au nerf soit mis en contact avec un autre morceau de métal excitateur, soit homogène, soit hétérogène ; l'expérience inverse, qui consiste à faire toucher le muscle par le morceau de zinc *n*, fig. 12, et non l'armature *m*, a toujours été négative.

Une autre fois, ayant armé deux cuisses avec la même plaque de zinc *m*, fig. 13, de manière qu'il n'y eût aucune communication entr'elles, elles se contractèrent violemment l'une et l'autre, chaque fois que je laissais tomber *n* sur *m* ; le succès fut le même lorsque je fis soutenir chacune des cuisses en l'air, sur une lame de verre

particulière. L'excitabilité de la cuisse *a*, fig. 14, ayant diminué au point qu'elle ne présentait plus de mouvements, lors du contact de *m* et de *n*, et la cuisse *b* se contractant encore, l'irritation fut de nouveau transmise jusqu'en *a*, lorsqu'on eut joint *a* et *b*, à l'aide d'un morceau de zinc *q*. Ce fait mérite sans doute une attention particulière, *m b q* et *a* formant une chaîne composée de deux cuisses de grenouilles et de deux métaux homogènes.

Tout restait en repos lorsqu'on occasionnait un choc, même très-fort, sur *m*, avec un morceau de cristal de roche; mais on produisait toujours les phénomènes galvaniques, en établissant le moindre contact entre le zinc et *m*. Ils réussirent de même, lorsqu'ayant supprimé la plaque de métal *q*, on mit dans un contact immédiat les morceaux de chair musculaire *a* et *b*. Il parut aussi que l'excitabilité du nerf crural *r*, fig. 9, était bien plus forte lorsque ce nerf avait séjourné sur le zinc *m*, qu'après avoir été posé aussi longtemps sur du verre. Cependant cette observation n'a pas été confirmée par un assez grand nombre d'essais, pour qu'on puisse la considérer comme parfaitement constatée. J'ai réussi deux fois, d'une manière incontestable, à

élever à l'aide d'une dissolution alcaline, dans deux grenouilles affaiblies, le nerf radial et le nerf sciatique, à un degré d'excitabilité tel que j'ai pu les stimuler ensuite au moyen de deux morceaux de métal homogène ne formant point chaîne.

Je regarde ces phenomènes comme les plus importants que cet ouvrage contienne relativement au galvanisme ; on verra par la suite combien ils servent à réfuter toute théorie galvanique fondée sur la nécessité du contact entre des substances de nature différente, et sur la détermination du cours d'un fluide dans telle ou telle direction.

b. *Métaux homogènes formant chaîne.* Mes expériences se trouvent encore ici en contradiction avec les idées des physiologistes modernes. Aucune question relative au galvanisme n'a été plus discutée et plus vivement débattue que celle de savoir, si des métaux homogènes employés comme armatures du nerf et du muscle sont capables d'exciter des contractions. Il est difficile de comprendre comment, avec tant d'ardeur à discuter, on s'en est tenu si longtemps à des expériences inexactes dans lesquelles on n'employait, au lieu de métaux purs,

que des ciseaux, des limes *, de l'étain et du fer de commerce, le premier étant toujours uni à une certaine quantité de plomb, et le second se trouvant souvent carbonné ou surcarbonné.

Aldini à Bologne, a ouvert une route plus sûre; il a fait connaître les expériences avec le mercure, et il a surpassé tous ceux qui l'avaient précédé dans la même carrière, par la variété, la délicatesse de ses expériences, et par la méthode ingénieuse qu'il a adoptée. Mais ses résultats tendant à renverser une théorie généralement reçue, et à laquelle on était fortement attaché, il eut le sort de tous les savants en pareil cas; on nia les faits qu'il rapportait, on l'accusa d'erreur.

Galvani avait annoncé que deux armatures de fer étaient aptes à produire des contractions**. Le professeur *Berlinghieri* ***, à Pise, et

* Valli, experiments, l. c. pag. 39. — Pfaff, l. c. pag. 65 et 158.

** Gren, l. c. 6 B. pag. 378.

*** Rozier, journal de physique, avril 1793, page 298. C'est à tort que les physiciens ont dit qu'il fallait une hétérogénéité dans les métaux qui servent d'armatures et d'excitateurs.

le docteur *Lind*, ont confirmé cette assertion. La société phylomatique y a ajouté, que des armatures homogènes d'étain ou de plomb jouissent de la même propriété. *Pfaff* est parvenu à irriter des organes animaux, avec une simple lame de cuivre; mais, comme il l'avoue lui-même, son expérience n'ayant pas été répétée, elle ne suffit pas pour décider si l'hétérogénéité des métaux n'est pas une condition essentielle. *Valli*, qui a fait des expériences sur cet objet, en 1792, avec *Lametkrie* et les commissaires de la ci-devant académie des sciences, a d'abord regardé avec *Fowler* et *Volta*, l'hétérogénéité comme indispensable; mais il a reconnu ensuite, que des armatures homogènes suffisaient pour occasionner des phénomènes **. *Galvani* prépara une grenouille, de manière que ses cuisses ne tinssent au tronc que par les nerfs sciatiques; il plongea ensuite diverses parties de la grenouille dans deux vases remplis d'eau, et il les unit au moyen d'un conducteur métallique; à chaque contact il renouvelait manifestement l'irritation (12).

---

* Pfaff, l. c. pag. 66 et 161.

** Bibliothèque de Turin, 1792. mars, 268.

Volta * ne pouvait voir avec indifférence des expériences tendantes à renverser sa théorie fondée sur la destruction de l'équilibre électrique entre des substances hétérogènes en contact. Cette théorie eût, en effet, été totalement réfutée dès-lors, si *Galvani* avait fait ses expériences avec toute l'exactitude nécessaire. *Volta* déploya alors tout son talent, pour expérimenter sur des objets presqu'impalpables. Les résultats de son travail sont consignés dans sa première lettre au professeur *Vassali*; il y démontre, que la différence des armatures ne consiste pas seulement dans la diversité de leur combinaison, mais encore dans le poli de leur surface, leur figure, et leurs degrés de température et de sécheresse **.

Volta a fait en ma présence la plupart de ses expériences. Un conducteur d'argent étant plongé par ses extrémités dans deux verres remplis d'eau où baignaient les membres d'une grenouille, il occasionna à l'instant des contrac-

---

* Au commencement, Volta ne regardait pas l'homogénéité des métaux comme une condition exclusive. (Voyez la lettre de ce physicien, à Cavallo, dans les Transactions philosoph. tom. 63, pag. 1.)

** Gren, n. journal de phys. 2 B. pag. 144.

tions. Ayant enduit les deux extrémités de cet arc avec le jus du fruit du cormier rouge, (*cornus mas*), il n'y eut plus d'irritation sensible ; lorsqu'on eut essuyé une des extrémités de l'arc, et qu'on l'eut enduit avec le jus du même fruit non mûr, il y eut alors des contractions. Je suis loin de nier les faits annoncés par *Volta* au professeur *Vassali;* je me suis même convaincu, par de fréquentes expériences, qu'un conducteur inefficace devenait actif, après avoir été plongé pendant douze minutes dans de l'eau bouillante ; et il est incontestable, d'après les expériences du professeur de Pavie, que les animaux chez lesquels les armatures homogènes n'excitent pas de mouvements, en éprouvent aussitôt que ces armatures subissent le moindre changement dans leur mélange, leur poli, leur dureté, leur figure et leur température. Voilà, ce me semble, le véritable résultat des expériences faites sur cet objet, et on n'est nullement en droit d'en conclure avec *Volta*, que les mouvements musculaires n'ont lieu, que lorsqu'on emploie des métaux hétérogènes.

Faut-il conclure que toutes les expériences galvaniques sans armatures, décrites dans le premier chapitre de cet ouvrage, sont fausses, de ce que mille grenouilles peuvent ne point éprouver

de contractions dans l'expérience, fig. 3. Doit-on penser que mes découvertes sur l'irritation métallique sans arc conducteur, ne sont que des illusions, parce que les physiciens n'ont employé, jusqu'à présent, que des excitateurs disposés en arc conducteur? Une expérience positive faite avec les précautions convenables, prouve plus que dix expériences négatives.

Nous voyons par nos expériences comment il se fait que l'appareil, fig. 9, présente des résultats négatifs et des positifs; la plaque de zinc *n*, mise sur une autre *m* de même métal, produit un stimulus dans le nerf crural, sans toucher ce nerf. Des organes qui n'éprouvent des contractions que dans l'expérience fig. 8, peuvent en éprouver dans l'expérience fig. 9, si on augmente l'excitabilité de leur nerf, en le plongeant dans une dissolution alcaline. Comme le succès des expériences dépend autant de la force de l'irritation que de l'excitabilité des organes; les résultats négatifs ne seraient concluants, qu'autant qu'on serait sûr d'avoir employé des animaux possédant le plus haut degré d'excitabilité possible.

J. Aldini de Bologne imagina un appareil très-ingénieux, au moyen duquel il réfuta les suppositions du physicien de Pavie. Il eut recours

au mercure; tout ce qui a rapport à ses expériences est très-bien représenté dans ses figures 1, 2 et 3.

Deux plateaux de verre placés l'un au dessus de l'autre, sont unis par un tube perpendiculaire qui sert de support au plateau supérieur; on pose le nerf crural d'une grenouille sur celui-ci, et un muscle de la cuisse sur le plateau inférieur; il se manifeste des mouvements très-forts au moment où on fait couler le mercure par le tube du plateau supérieur, au plateau inférieur; ce métal, dans ce cas, tient lieu d'arc conducteur entre le nerf et le muscle. *Aldini* se fit à lui-même cette objection, que le mercure coulant sur les verres, peut en développer l'électricité; de même qu'une légère oscillation du baromètre, fait briller à l'instant une lueur électrique; mais en employant des vases de bois il obtint les mêmes effets.

Pour faciliter l'immersion de la moelle épinière dans le mercure, et afin qu'elle en soit environnée de toute part, *Aldini* imagina un siphon, dont une des branches était étroite, et l'autre six fois plus large; les bords de cette dernière branche recourbés en dehors représentaient, fig. 15, un entonnoir, dans lequel il plaça les cuisses d'une grenouille, tandis qu'il mit sa

moelle épinière dans l'autre branche du siphon. Il versa le mercure par cette branche, et à mesure qu'il montait dans l'entonnoir qui communiquait avec elle, il y eut des mouvements convulsifs. Il sera prouvé par plusieurs expériences, que ces mouvements ne sont point dûs à une irritation mécanique occasionnée par le mercure. * Enfin, pour présenter un conducteur homogène aussi simple qu'il est possible, *Aldini* suspend la cuisse d'une grenouille sur du mercure, et les phénomènes galvaniques ont lieu aussitôt qu'on fait descendre doucement sur ce métal la moelle épinière unie au nerf sciatique, qu'on soutient en l'air avec un fil sec. Cette expérience a même réussi sur des animaux à sang chaud, ** tels que des poulets et des brebis. *Aldini* en a conclu, *** que les métaux hétérogènes ne sont pas nécessaires pour produire des contractions, qu'un seul métal suffit, par exemple l'argent; que l'or est surtout très-efficace dans les animaux très-vifs. Si l'on conserve quelques doutes sur l'homogénéité des métaux solides, on peut les dissiper aisément, en employant

* Aldini, l. c. pag. 7.
** Id. ibid. pag. 6.
*** Id. ibid. pag. 17.

un métal fluide, c'est-à-dire, le mercure purifié.

Volta répond à ces belles expériences souvent repétées, qu'elles ne peuvent éblouir que ceux qui ne les approfondissent pas ; il nie les faits rapportés par *Aldini*, et il persiste dans son opinion que les phénomènes du galvanisme peuvent tous se rapporter aux lois de l'hétérogénéité. Il répond aux expériences faites avec le mercure, qu'il y a une grande différence entre la surface de ce métal et l'intérieur de sa masse, parce que la surface s'oxyde par le contact de l'air atmosphèrique ; qu'en conséquence, dans l'expérience d'*Aldini*, l'arc conducteur n'est homogène qu'en apparence, les organes étant plongés dans le métal, à différentes profondeurs ; que d'ailleurs le mercure produit un choc dans ces essais, et que ce choc n'étant pas le même aux deux extrémités de l'arc, il en résulte un développement inégal de l'électricité (13). Le physicien de Pavie n'oppose donc aux phénomènes décrits par *Aldini*, que des réfutations hypothétiques ; on pourrait lui répliquer de même, mais comme il vaut beaucoup mieux recourir aux expériences en physique, je me suis occupé de recherches propres à dissiper tous les doutes.

Je purifiai du mercure par tous les moyens connus ; je le fis passer plusieurs fois à travers

de la peau ; je le lavai avec de l'eau de savon, avec du vinaigre, avec de l'alcohol ; il ne paraissait contenir ni plomb, ni étain, ni bismuth, ni parties grasses, ni poussière ; il était parfaitement fluide, et il se divisait en petits globules bien ronds, sans s'attacher et sans laisser aucune trace. Sa surface était aussi luisante qu'une glace, sans pellicule, sans aucune tache, et une petite quantité agitée dans un mortier avec de l'eau, ne lui communiquait aucune couleur. Il se dissolvait dans l'acide nitrique sans effervescence sensible et sans donner de précipité. Une grande quantité de mercure ainsi purifiée fut versée dans trois vases de porcelaine ; et comme je compris que si je faisais plusieurs expériences avec la même quantité de mercure, on objecterait qu'il était sali par le contact des substances animales, je ne fis qu'une seule expérience avec le mercure de chacun des vases.

Je préparai plusieurs cuisses de grenouilles, de manière qu'une portion du nerf crural et un morceau de muscle de même longueur fussent pendants (14). J'assujettis horizontalement un tube de verre au dessus d'un vase contenant du mercure ; je plaçai, autour de ce tube, deux fils de soie avec lesquels je suspendis la cuisse, de manière à pouvoir faire descendre à volonté le nerf au

et le muscle *n*, fig 16. J'approchai la cuisse à deux lignes du vase, et j'alongeai ensuite le fil, assez pour que le nerf touchât la superficie du métal. Il n'y eut pas alors de contractions; mais dès que *n* fut mis en contact avec le métal, par l'alongement du fil de soie *p*, tout le membre éprouva une secousse convulsive. Cette expérience fut répétée avec les mêmes précautions dans deux autres vases, et elle offrit des résultats semblables. Ce qui était surtout remarquable, c'est que les mouvements musculaires étaient bien plus violents, lorsque le contact commençait par *n* que quand il commençait par *m*.

Le muscle et le nerf ne touchaient le mercure qu'à sa superficie; ils n'étaient nullement plongés dans ce métal, et on avait eu soin d'effectuer l'abaissement si doucement, qu'il était impossible de soupçonner qu'il y eut eu un choc, comme dans l'expérience où *Aldini* avait fait couler du mercure à l'aide d'un siphon. Ce qui est encore plus décisif, c'est qu'ayant posé sur le métal en *r* et en *s*, deux morceaux de chair musculaire, à peu près d'une ligne et demie d'épaisseur, pris d'un individu très-vif, si on approchait la cuisse de manière que le nerf touchât d'abord la chair posée sur le métal, ce stimulus était trop faible, et il n'y avait pas alors de contractions; mais si

le muscle était mis le premier en contact avec *s*, dès que le nerf venait à toucher *r*, la cuisse se contractait fortement ; si au contraire on avait couvert le mercure en *r* et en *s*, de petits morceaux de papier sec, il ne se manifestait pas de mouvements galvaniques, lors même qu'on occasionnait un choc très-fort entre les parties animales et le métal.

Quand les organes animaux sont mis en contact immédiat avec le mercure, il n'est pas nécessaire, pour qu'il y ait irritation, que leur incitabilité soit à un haut degré ; c'est ce que prouvent les nombreuses expériences que j'ai faites à ce sujet, et dont beaucoup de personnes ont été témoins.

Si j'augmentais l'étendue du contact des fibres musculaires, soit en donnant beaucoup de largeur à *n*, soit en saisissant la cuisse avec les doigts et en en plongeant une partie dans le mercure, ainsi que le nerf crural, il s'en suivait constamment des contractions, qu'on pouvait même réitérer pendant seize ou dix-huit minutes. Ces expériences suffisent sans doute pour se décider relativement à l'opinion de *Volta* ; car on ne peut soupçonner ni l'hétérogénéité du métal, ni l'inégale immersion des parties, ni l'inégalité du choc, d'être cause des contractions qu'on a observées.

Je vais ajouter à ces expériences simples, d'autres observations plus compliquées, à la vérité moins concluantes, que j'aurais négligées sans les premières; mais on verra que rapprochées les unes des autres, elles concourent à prouver la même vérité.

Une cuisse de souris très-vive éprouva de fortes contractions, lorsqu'après avoir soulevé le nerf crural avec une pince isolante, on le laissa tomber doucement sur une plaque de zinc de la hauteur de trois lignes environ (15). Je crus d'abord que la secousse mécanique était cause de la contraction; pour m'en assurer, je couvris le zinc avec une lame de verre ou avec du papier, et je poussai le nerf avec une certaine force contre un morceau d'argent ou de plomb, mais il n'y eut pas d'irrition. J'observai le même phénomène, pendant cinq minutes, avec le nerf sciatique d'une grenouille; et je conclus alors, d'après des expériences analogues, que dans ces cas le nerf avait touché le zinc en plusieurs points, et que le métal homogène avait servi de conducteur entre ces deux points, comme peuvent le faire des armatures hétérogènes adaptées au même nerf.

Dans une matinée fraîche du printemps de l'an 3, je préparai un lézard commun (*Lacerta*

agilis), dont je plaçai la cuisse sur une lame de verre ; je touchai un muscle à nu avec un doigt sec de la main droite, et le nerf avec une pince d'argent que je tenais de l'autre main : il y eut des contractions très-fortes ; elles l'étaient surtout davantage, lorsque le contact commençait entre le doigt et le muscle *. Cette expérience réussit plusieurs fois, la même année, sur des grenouilles, soit que j'employasse une pince d'argent, de zinc ou de plomb, ou une pièce d'or : l'arc conducteur s'étendait alors de la main droite, fig. 18, jusqu'au nerf par la main gauche et le métal *r*; mais les contractions étaient plus ou moins fortes selon les métaux employés. Par exemple, elles l'étaient davantage avec le zinc qu'avec le plomb et avec le fer, et l'on n'augmentait nullement les effets en employant, comme armature, une pièce de monnoie contenant beaucoup d'alliage, ou en touchant *r* avec de l'argent pur : les armatures homogènes parurent agir comme les hétérogènes.

J'observai aussi plusieurs fois des contractions, lorsqu'après avoir posé sur une plaque de zinc *p*,

* Gren a observé un cas semblable. Voyez son journal, vol. 6, pag. 404, et Valli, l. c. pag. 176. C'est donc à tort que Pfaff a nié ce fait.

fig. 19, un nerf *m*, dont l'incitabilité n'avait été exaltée par aucune dissolution alcaline, on faisait communiquer cette plaque avec un point quelconque de la cuisse, au moyen d'un morceau de chair musculaire ou de nerf frais. Les contractions étaient, dans ce cas, aussi fortes qu'elles auraient pu l'être avec deux armatures, l'une de zinc et l'autre d'argent; mais elles disparaissaient à l'instant où l'on susbstituait au zinc *p*, une pièce d'or ou deux pièces de monnaie à différents titres, *q* et *r*, fig. 20. Cette dernière circonstance que j'observai sur trois individus différents, semble attester fortement l'efficacité des métaux homogènes.

Disséquant une grenouille dont l'excitabilité n'avait été exaltée par aucun moyen chimique; après en avoir coupé en deux le nerf crural préparé convenablement, et avoir posé sa portion *a*, fig. 22, unie au muscle sur un morceau de zinc, je le touchai ainsi que le zinc, avec la partie *b*, coupée du nerf *a*. Les phénomènes galvaniques se manifestèrent dès que j'eus approché *b* à un huitième de ligne du métal. On peut même supprimer, fig. 21, le morceau de nerf conducteur. Les contractions ont également lieu, lorsqu'on pousse la cuisse à l'aide d'un tube de verre sec contre le zinc, aux environs du point *c*; *p*

forme alors, comme le mercure, fig. 16, un arc conducteur entre le nerf et le muscle.

Je termine ces considérations sur les conducteurs homogènes, par une expérience très-concluant. J'avais deux grenouilles dont les cuisses ne manifestaient que de très-faibles contractions avec des armatures de zinc et d'argent; j'humectai le nerf crural de l'une avec une dissolution de carbonate de potasse, et celui de l'autre, avec de l'acide muriatique oxygené. A mon grand étonnement il n'y eut pas de contractions quand une armature d'argent appliquée au muscle, fut mise en contact avec une armature d'or appliquée au nerf. Je cassai en deux un petit barreau de zinc bien purifié; je posai le nerf sur un des morceau de zinc, et à l'instant où j'unis, à l'aide de l'autre morceau, le premier avec le muscle, il se manifesta de fortes contractions. Trois cuisses ainsi traitées présentèrent les mêmes phénomènes pendant plusieurs minutes. Peut-on supposer que deux parties du même barreau de zinc soient moins homogènes que ne le sont de l'argent et de l'or?

Il y a beaucoup de cas en physique et en chimie, où les observations ne s'accordant pas, l'homme circonspect reste indécis et mécontent. La question de l'homogénéité dans les subs-

tances excitantes, en a été jusqu'à présent un exemple. Puissé-je me flatter d'avoir été conduit par mes expériences, à des résultats exacts et satisfaisants! Il est vrai qu'il s'élève encore des doutes sur la justesse de plusieurs de ces résultats, et même sur l'expérience fig. 12; mais j'ai surement beaucoup gagné, si je suis parvenu à dissiper la plupart des incertitudes que cette matière présentait.

CHAPITRE IV.

Excitabilité exaltée. — Conducteurs formés par des corps excitateurs hétérogènes, présentant cinq cas différents. — Excitabilité moindre. — Armatures hétérogènes, mises dans un contact immédiat, ou unies par des corps excitants. — Chaîne galvanique comprenant un métal hétérogène dont une des faces est couverte d'un fluide en vapeur. — Expériences avec la vapeur de l'haleine. — Preuves que des substances animales agissent à une certaine distance. — Atmosphère conductrice. — Son étendue dépend de la vitalité.

Pour que des métaux hétérogènes, ou des substances charbonneuses produisent des phénomènes galvaniques, dans l'état d'excitabilité exaltée des organes, il suffit qu'ils fassent partie d'une suite de substances conductrices établies entre les organes sensibles et irritables, quelle que soit la longueur de la chaîne qu'ils forment.

Il suffit même, qu'il se trouve dans une partie quelconque de cette chaîne, deux substances excitantes hétérogènes : je dis, à dessein, dans une partie quelconque ; car des expériences sans nombre, répétées sur des rats, des oiseaux, des grenouilles peu vives, m'ont fait voir que l'irritation a également lieu, soit que la pince *s*, fig. 8, touche immédiatement le zinc, soit qu'il se trouve entre le nerf et l'armature du muscle une substance conductrice *a*, fig. 1. J'ai remarqué que chez plusieurs individus, les contractions n'avaient lieu dans ce dernier cas, que lorsqu'on avait employé des dissolutions alcalines pour exalter l'excitabilité. L'expérience fig. 1, est donc constamment positive, dans l'état d'excitabilité exaltée soit naturellement, soit par des moyens artificiels (16).

Je suis étonné que cette observation ait échappé à *Volta* *, à *Fowler* **, à *Valli* *** et à *Schmuck* ****; et je suis encore plus surpris de

* Volta, traité de l'électricité animale, pag. 11.

** Fowler's experiments, l. c., pag. 4.

*** Valli, l. c. pag. 48.

**** Schmuck, Mémoires : Beytrage zur nœhern Kenntniss der thierischen électricitæt. Manheim, 1792. Voyez pag. 43.

ce que *Pfaff* accuse *Galvani* d'erreur, pour avoir observé ce fait qui leur a échappé.

« D'après mes expériences, dit expressément *Pfaff*, « je puis assurer que c'est une erreur * de « croire qu'on peut exciter des contractions, en « employant des parties animales fraîches, com« me conductrices entre l'armature du muscle « et celle du nerf. Il est absolument nécessaire, « pour produire les phénomènes, de mettre les « armatures dans un contact immédiat, ou de « les unir par un excitateur. Une chaîne formée « de substances conductrices animales, exclut « toute idée d'électricité. »

Cette assertion est tellement dénuée de fondement, qu'il m'est une fois arrivé de produire des contractions dans une grenouille très-vive, en touchant avec la pince de la chair musculaire *a*, entassée à la hauteur de $\frac{1}{4}$ de pouce. Une substance peut donc être partie active entre la chair et le muscle sans appartenir à la classe des excitateurs. Un moyen sûr et facile de s'assurer si un corps est apte à exciter l'électricité animale, c'est d'observer si les contractions ont lieu lorsqu'il fait partie de la chaîne entre des armatures actives du muscle et du nerf.

---

* Pfaff, l. c. pag. 55 et 207.

Je n'ai jamais réussi à produire de l'irritation dans les organes les plus excitables, en employant, fig. 3, une étoffe humide; mais j'ai souvent substitué une étoffe humide, du fil ou de la peau à *a*, fig. 1, sans empêcher les phénomènes galvaniques.

Dans l'état d'excitabilité exaltée, les contractions ont donc lieu, soit que des métaux hétérogènes employés comme armatures du nerf et du muscle, soient mis dans un contact immédiat, soit qu'on les unisse avec une substance conductrice humide; elles ont également lieu, lorsque des armatures métalliques homogènes du nerf et du muscle, sont unies au moyen d'un métal hétérogène. Il en est encore de même, lorsque les armatures du nerf et du muscle *a* et *b*, fig. 23, sont unies avec un métal hétérogène au moyen de deux substances humides *o* et *d*.

Si dans la chaîne on interpose divers métaux *a*, *c*, *e*, *g*, *k*, fig. 24, dont *a* et *c* seuls sont homogènes, entre les morceaux de chair musculaires *b*, *d*, *f*, *h*, les contractions réussissent encore. On obtient aussi le même résultat, si l'on interpose une substance humide conductrice entre le nerf, le muscle et leurs armatures respectives. Ces cinq cas principaux, qui

peuvent encore être variés selon toutes les combinaisons possibles, sont les résultats d'une multitude d'expériences faites avec le plus grand soin.

J'eus, dans mon premier séjour à Berne, le plaisir de répéter plusieurs de ces expériences en présence du professeur *Tralles*, et de lui faire observer combien elles sont contraires à la supposition d'un dérangement dans l'équilibre électrique. Le cas fig. 23., où un métal hétérogène est placé entre deux substances animales semblables fut celui qui servit le plus à le persuader, parce que dans l'hypothèse de *Volta* il ne devrait pas y avoir de contractions. J'ai répété plusieurs fois cette expérience avec succès, sur des animaux très-vifs, pendant l'automne de l'an 5. L'armature du nerf *a* et la pince *b* étant des portions certainement homogènes d'un foie de grenouille, les contractions avaient lieu sans que la plaque de zinc *e* fût mise en contact immédiat ni avec *a* ni avec *b*.

Bien plus, voulant faire voir cette expérience très-importante à mon ami *Freisleben*, la cuisse de grenouille que j'employai se trouva assez excitable pour manifester des contractions quand *b* était en contact avec *e* qui était une lame d'or, mais pas assez pour présenter le même

effet lorsque *d* était placé entre *e* et *b*. J'augmentai alors l'excitabilité de l'organe, en répandant sur le nerf des gouttes de carbonate de potasse en déliquescence, et quelques minutes après, l'irritation se manifesta par des mouvements musculaires. Je laissai ensuite tomber sur le nerf quelques gouttes d'acide muriatique pour neutraliser l'alcali, et l'excitabilité en fut diminuée au point que les phénomènes galvaniques n'avaient lieu que quand *b* et *e* étaient mis en contact immédiat. Il est donc évident que la diversité de ces phénomènes dépend des degrés d'excitabilité des organes animaux; et l'on conçoit ainsi que le même stimulant peut produire des phénomènes très-variés; par exemple, ce qui fait impression sur nous un jour, n'en fait aucune le lendemain. Il faut donc nous garder de considérer l'absence de l'irritation, comme une preuve de celle de l'excitabilité. Pourrions-nous imaginer que la flamme répand moins de lumière au grand jour que pendant la nuit, parce que nos yeux sont alors moins sensibles à son impression?

Pour produire des mouvements musculaires dans l'état de moindre excitabilité, il faut faire naître une irritation plus forte. On n'obtient point d'effets dans le cas décrit ci-dessus, où

l'on n'emploie comme conducteur que des métaux homogènes, ou des substances animales, ou bien des substances hétérogènes ne formant point chaîne. Pour que les phénomènes réussissent alors, il faut une de ces conditions principales; ou que des armatures hétérogènes du muscle et du nerf soient mises en contact immédiat, ou qu'elles soient unies par des substances excitantes, ou bien que des armatures homogènes du muscle et du nerf soient unies par un métal hétérogène dont une surface soit couverte d'un fluide en vapeurs. La première de ces conditions représentée fig. 8, étant la plus simple, elle est la première observée. *Galvani* enfonça des crochets métalliques dans le rachis d'animaux, et il établit communication entre ces crochets et les extrémités qu'il voulait irriter, au moyen d'un arc métallique. *Creve* enveloppa le nerf d'une feuille d'étain, et le fit mouvoir sur une pièce d'argent, qui touchait aussi le nerf (17). *Achard*, qui a fait des expériences très-diversifiées sur le galvanisme (18), mais qui n'a malheureusement pas publié ses observations, non plus que *Sœmmering*, *Blumenbach*, *Herz*, *Kielmayer* et *Asch*, s'est servi de pinces d'argent minces, et de plaques métalliques de 4 à 6 pouces carrés placées sur du verre. Son appareil

est aussi très-commode pour répéter l'expérience de *Volta* sur la langue. Les pinces présentent cet avantage, qu'on peut faire terminer une de leur branche par une boule aplatie, pour présenter plus de surface au muscle. *Volta* me fit voir un compas galvanique, dont une des branches était fixe et d'argent, et dont l'autre était construite de manière qu'on pouvait y ajouter des lames de différents métaux. Tous ces appareils ne diffèrent les uns des autres, qu'en ce que, dans les uns, l'armature du nerf et celle du muscle sont attachées ensemble, tandis que dans les autres elles peuvent se mouvoir l'une sur l'autre; mais toutes les expériences auxquelles ils servent, se rapportent à celle exprimée par la fig. 8.

Les mouvements musculaires ont lieu, lors même que *r*, *v*, *t*, ne se touchent pas immédiatement, mais lorsqu'ils sont unis par d'autres substances excitantes, telles que de l'or, du plomb et du fer. Quoiqu'il ne soit, en effet, pas nécessaire pour occasionner des contractions, lorsque l'excitabilité est à un haut degré, que deux substances servant à former la chaîne entre les organes irritables et sensibles, soient dans un contact immédiat, cette condition est

indispensable quand l'incitabilité des organes est affaiblie.

J'ai observé plusieurs fois, qu'un morceau de chair musculaire *b*, fig. 25, étant placé sur la plaque de zinc *a*, la pince d'argent *k*, mise en contact avec *b*, ne produisait aucune irritation, mais que les phénomènes galvaniques avaient lieu lorsqu'après avoir ajouté sur *b* une plaque *c* d'argent, d'or ou de plomb, je mettais en contact *c* et *k*.

Je fis la même observation dans l'expérience plus compliquée fig. 26: l'armature *a* du nerf étant de zinc, celle du muscle *e* étant d'argent, je plaçai sur *a* des morceaux de chair musculaire *b*, *d*, séparés par une lame d'or, et je posai sur *e* le métal *g* placé entre les parties humides *f* et *h*: quand j'établis communication entre *d* et *h*, au moyen de la pince d'argent *k*, il n'en résulta aucun effet; mais les phénomènes galvaniques se manifestèrent, lorsqu'ayant posé la plaque de métal *m* sur *d* ou sur *h*, fig. 27, j'établis communication entre *m* et *d* avec la pince d'argent *k*.

Pour occasionner les phénomènes galvaniques dans cette expérience, il faut que les métaux mis dans un contact immédiat, soient hétérogènes:

par exemple, les contractions ont souvent lieu; *a* et *c*, fig. 25, étant d'or, et *k* d'argent; mais si l'on place la lame d'or *c* sous *b*, de manière que l'or touche de l'or, les contractions n'ont plus lieu. Il ne faut pas croire que leur absence, dans ce cas, soit due à ce que *a* et *c* n'éprouvent aucun effet par l'application des excitateurs, à l'instant où l'on ferme la chaîne *a c b k l*, fig. 28; car je me suis convaincu par des essais très-variés, que le contact des métaux produit souvent des mouvements sur des animaux dont la force vitale est très-diminuée; mais les conditions nécessaires ne se rencontrent pas dans le cas actuel. L'irritation s'est manifestée dès que j'eus substitué sur *a*, une pièce de monnaie d'argent, à la lame d'or *e*. Quand *e* et *a* sont d'or, ils ne doivent être considérés que comme un seul morceau de métal, et l'expérience fig. 28 se réduit à l'expérience fig. 1, qui n'est positive que dans un haut degré d'incitabilité. Pour que les contractions aient lieu, même dans des organes dont l'incitabilité est peu élevée, il suffit ordinairement, lorsqu'on emploie une chaîne formée en partie de substances excitatrices et de substances seulement conductrices, qu'un des métaux intermédiaires soit mis en contact par une de ses faces avec une

substance conductrice. D'après cela, on peut décider d'avance du succès des expériences compliquées représentées fig. 24, 26, 27 et 28.

Une circonstance assez remarquable, c'est que quand les armatures du nerf et du muscle communiquent au moyen d'un autre métal, la force des contractions semble dépendre de la proximité des excitateurs et des parties animales. Des armatures d'or et d'argent produisent de faibles effets; des armatures d'or et de fer produisant, au contraire, des mouvements très-forts.

Ayant posé le nerf sur une lame d'or *g*, fig. 29, qui était en contact avec de l'argent *s*, en établissant communication entre *s* et le muscle, au moyen du fer *e*, l'irritation était aussi forte qu'en mettant *e* en contact immédiat avec l'or. Dans une autre cuisse dont l'excitabilité était faible, l'or et le fer ne stimulaient que faiblement, tandis que l'or et le zinc stimulaient très-fort.

Dans les expériences fig. 30 et 31, on a composé la chaîne des mêmes métaux, c'est-à-dire, de l'or *g*, du zinc *z* et du fer *e*, mais disposés différemment. Les phénomènes galvaniques n'ont eu lieu que dans la disposition fig. 30.

J'étais occupé de ces recherches, avec mon frère aîné, lorsque le hasard me conduisit à une découverte très-intéressante. J'avais devant moi,

sur un plateau de verre, une cuisse de grenouille peu vive, fig. 32; elle ne manifestait point de contractions lorsque j'employais des armatures homogènes d'or que je mettais en contact immédiat. Il en fut de même quand je plaçai la plaque de zinc *z*, entre les deux armatures d'or *g* et *g*. Voulant rendre plus fort le contact entre *z* et *g*, je pressai sur *z*, en me penchant de manière que ma bouche en était approchée ; j'établis alors communication entre *z* et le muscle, au moyen du conducteur d'or *g*. Je fus très-étonné de voir cette cuisse, auparavant insensible, s'éloigner alors de l'armature, en se contractant convulsivement. Je soupçonnai bientôt que cet effet était dû à la proximité de ma bouche, et qu'elle avait communiqué au zinc la propriété excitante ; je substituai, en conséquence à *z*, une autre plaque de zinc sèche ; je vis bientôt évidemment la condition dont dépendait le phénomène, et je conclus de mes essais, que les armatures du nerf et du muscle étant homogènes, les contractions peuvent avoir lieu, même à un très-faible degré d'excitabilité, quand les armatures sont unies par des substances excitatrices, parmi lesquelles il s'en trouve une hétérogène, couverte, dans une de ses faces, d'un fluide en vapeurs (19).

Mais la propriété excitante disparaît aussitôt, si on enlève l'enduit humide répandu sur une des faces du métal, ou si on couvre les deux faces d'un pareil enduit.

Un conducteur composé de métaux disposés de la manière suivante, or, zinc et or, ne produisant plus d'irritation, si l'on souffle légèrement sur une des faces de la plaque de zinc *z*, de façon à la couvrir de l'eau en vapeur unie à du gaz acide carbonique et à du gaz hydrogène que nous expirons, le muscle se contracte convulsivement. L'effet est le même, soit que l'excitateur touche la face humide de *z*, soit qu'il touche sa face sèche. Si l'on enlève l'humidité avec un morceau de drap, les mouvements cessent à l'instant.

Cette expérience paraît très-étonnante, parce qu'il semble que la vie tienne à un souffle dans les organes qu'on y soumet. On sait, par exemple, d'après des expériences qui ont été faites, qu'un bœuf qui vient d'être tué, peut, malgré son poids énorme, être stimulé par le galvanisme au point de se relever. Un peu d'eau en vapeur résultant de la respiration, pourrait donc déterminer le mouvement d'une masse de quatre cents livres et au-delà.

L'expérience fig. 32, réussit également, lors-

que l'armature du muscle et celle du nerf sont de zinc, et que la partie moyenne du conducteur sur laquelle la vapeur est répandue, est d'or. L'expérience suivante, plus compliquée, présente encore un effet plus étonnant. Un nerf de grenouille étant armé de zinc, fig. 33, si la lame de fer *a* était posée sur *z*, et si elle était unie par un morceau de chair musculaire *m*, avec l'armature d'argent *s* du muscle, les contractions se manifestaient aussitôt. Mais si je venais à placer la chair musculaire *m* entre du zinc et de l'or, et à mettre *a e s* en contact immédiat comme dans la fig. 25, les phénomènes galvaniques n'avaient plus lieu. La circulation du fluide irritant parut être interrompue par *m*, le peu d'incitabilité de l'animal exigeant un conducteur plus efficace pour produire des contractions.

Je laissai subsister le conducteur comme dans le cas précédent, je posai sur *a*, la plaque de zinc *z*; celle-ci mise en contact avec l'armature du muscle touchait deux métaux; la cuisse resta en repos. Mais l'haleine ayant été légèrement répandue sur la face supérieure du zinc, le mouvement musculaire se manifesta à l'instant, et la vapeur ayant été essuyée, l'immobilité eut lieu comme auparavant; *m* ne présente donc un

obstacle dans cette chaîne, qu'autant qu'on n'y interpose pas une plaque de zinc, dont une des faces est couverte d'une vapeur aqueuse. Les phénomènes ont également lieu, lorsqu'on place de la chair musculaire sur le zinc couvert de l'haleine.

Je me suis convaincu, par une suite d'expériences de cette espèce dont je ne surchargerai pas cet ouvrage, qu'un liquide appliqué à la surface d'un métal détermine le stimulus, et qu'il agit avec une force d'autant plus grande, qu'il est plus aisément et plus promptement évaporable. L'évaporabilité étant une circonstance très-essentielle dans le galvanisme, je vais expliquer ce que je viens d'avancer, le plus clairement qu'il me sera possible. Si l'on fait tomber sur le zinc *z*, fig. 35, deux gouttes d'eau très-convexes, à l'aide d'une pointe de métal, les contractions auront lieu et elles cesseront alternativement, quand on touchera successivement la goutte d'eau *a* et l'espace sec compris entre *a* et *b*.

Il en est de même si on emploie, au lieu d'eau, du sang, du lait, une dissolution de carbonate de potasse, de l'acide nitrique. J'ai cependant remarqué sur des animaux très-faibles, les seuls qui présentent dans ce cas-ci des résultats décisifs, que l'enduit humide de l'haleine excite

de plus fortes contractions que tous les fluides désignés ci-dessus ; que le lait agit plus faiblement que le sang, et le sang plus fort que l'eau.

Cette dernière circonstance me fit penser d'abord que les substances animales étaient plus efficaces que les autres ; mais de nouvelles expériences me prouvèrent que les différences d'efficacité entre ces substances, ne sont fondées que sur celles de leur évaporabilité. Je laissai tomber une goutte d'eau et une goutte d'éther sulfurique sur du zinc, à une petite distance l'une de l'autre ; et j'observai sur plusieurs grenouilles, sur deux lézards et sur une salamandre aquatique très-irritables, que le contact avec l'éther sulfurique produisait des mouvements plus forts que le contact avec l'eau. Bien plus, je remarquai qu'en faisant tomber sur du zinc, des gouttes d'eau bouillante, et des gouttes d'eau à la température de zéro du thermomètre de Réaumur, l'effet des premières l'emportait constamment sur celui des secondes.

L'irritation était très-forte lorsque je chauffais *z* sans chauffer *g*, et que je répandais sur *z* de l'eau et surtout de l'éther sulfurique. Si l'on répandait l'haleine sur le métal échauffé, les contractions étaient d'abord très-fortes ; mais

elles cessaient quelques secondes après, la chaleur du zinc ayant détruit l'humidité.

Ayant posé sur *z*, fig. 36, trois ou quatre lignes cubes de chair musculaire fraîche *m*, au lieu d'y répandre de l'eau en vapeur ou en gouttes, je remarquai des contractions, non-seulement lors du contact immédiat de *m* et du conducteur d'or *g*, mais même en l'approchant seulement à $\frac{1}{4}$ de ligne de *m* (20). J'imaginai que la chair musculaire répandait autour d'elle une vapeur lymphatique jusqu'en *x*, et qu'ainsi *g* touchait réellement un endroit humide, quoique n'étant pas en contact avec *m*.

Au commencement de l'hiver de l'an 4, je fis sécher une plaque de zinc en la chauffant, et je plaçai dessus, un morceau de chair musculaire *m*. Je me disposais à la toucher avec une des extrémités du conducteur *g* dont l'autre extrémité était posée sur la cuisse, mais la contraction eut lieu lors même qu'elle en était encore distante de $\frac{3}{4}$ de ligne. Un phénomène aussi imprévu m'étonna beaucoup, et je crus avoir touché, sans y faire attention, quelque fibre musculaire. En conséquence, je répétai l'expérience; une des extrémités de *g* étant en contact immédiat avec les muscles d'une cuisse de grenouille, je tins l'autre extrémité à une ligne de

distance de *m*, et les contractions furent très-fortes.

J'avais déja observé, qu'on peut produire une irritation avec des métaux hétérogènes, sans les disposer de manière qu'ils forment une chaîne, fig. 9; je crus que ce phénomène pouvait se rapporter au cas fig. 12, qui, à la vérité, avait été négatif jusqu'alors. Je mis simplement en contact l'armature *g*, avec la cuisse de grenouille, sans approcher l'autre extrémité *v* à moins d'un pouce de la substance humide *z*, mais il n'en résulta aucun effet; ce qui me fit présumer qu'il émanait quelque fluide gazeux de *m* jusqu'en *v*, et que ce fluide servait à compléter la chaîne. Pour vérifier cette conjecture, je fis interposer, par une autre personne, entre la chair musculaire et le metal, une lame de verre très-mince, qui ne touchait ni l'un ni l'autre: le courant parut être intercepté à l'instant, car le galvanisme fut alors sans effet; mais il réussit de nouveau en retirant la lame de verre. Cette expérience, qui fut faite avec toute l'exactitude possible, dura dix à douze minutes; et je remarquai que plus je repétais les essais, plus j'étais obligé d'approcher l'extrémité du métal *v* de la substance musculaire *m*. Lorsqu'on n'apercevait plus de stimulus, le métal *g* n'étant approché qu'à $\frac{3}{4}$ de

ligne, il y en avait encore un très-marqué, en l'approchant à une demi-ligne ou à une moindre distance.

Tous ces phénomènes, très-différents de ceux qu'ont observés les autres physiciens, démontrent dans les substances animales une propriété si nouvelle, que je crois devoir m'y arrêter un peu. La matière ne peut agir que dans le lieu où elle se trouve. Il existe donc une atmosphère conductrice autour de la chair musculaire; la matière organique n'exhale-t-elle pas de la lymphe à l'état de gaz?

Comme, au moment où je fis ces expériences, je répétais celles avec de l'eau bouillante et de l'éther répandus sur une plaque de zinc échauffée, je pensai que la vapeur émanée de la substance animale diminuait, peut-être, en proportion des forces vitales, et qu'alors il pouvait s'élever de l'éther et de l'eau bouillante une atmosphère qui s'étendait jusqu'à l'arc métallique, et qui agissait comme excitante sur la chair musculaire. Mais après avoir supprimé le morceau de chair musculaire, l'expérience fut sans succès, et les mouvements n'eurent lieu que quand la face du zinc humectée d'eau, d'éther ou de sang, fut mise en contact immédiat avec le drap humide que j'employais. Je revins alors

aux substances animales, et le morceau de chair musculaire *m* que j'avais employé précédemment était encore si actif, que l'expérience réussit en conservant la distance d'une demi-ligne.

Pour décider si le degré d'excitabilité des organes influe sur le résultat des expériences, je rétablis l'appareil fig. 36; et je posai sur le zinc un nerf de grenouille nouvellement préparé; les contractions furent à la vérité plus fortes mais la sphère d'action de *m* n'avait pas plus d'étendue. Il fallut même en approcher le conducteur *g* à une demi-ligne, pour produire le phénomène; six ou huit minutes après, il fut nécessaire de l'approcher davantage; enfin, l'atmosphère parut entièrement anéantie, et les contractions n'eurent lieu que par le contact immédiat de *g* et de *m*. Je pris alors de la nouvelle chair musculaire de la cuisse dont le morceau *m* avait été tiré. J'en posai des morceaux sur *z*, mais ils ne produisirent point d'effet sans contact immédiat. Etonné de cette inaction, je l'attribuais à ce que la chair musculaire n'était pas très-récemment préparée. Je disséquai, en conséquence, une autre grenouille très-vive, et j'essayai successivement presque toutes ses parties musculaires; mais je n'obtins aucun effet. Il en fut de même

dans les expériences que je fis les trois jours suivants, et si je n'y avais apporté tout le soin possible, si je ne les avais pas répétées plusieurs fois, j'aurais cru avoir commis quelque erreur. Mais à la fin de l'an 4, j'eus cependant le plaisir d'apercevoir de nouveaux phénomènes qui confirmèrent mes premières observations.

Le nerf crural d'une grenouille assez vive tirée de son engourdissement hyémal, après avoir été conservée dans une chambre pendant quelque temps, fut posée sur du zinc, avec un morceau de muscle *n*, fig. 37, de la même grenouille. Je me proposais de répéter l'expérience fig. 1, dans laquelle une substance animale conductrice est interposée entre les armatures du nerf et du muscle; mais la cuisse éprouva des contractions, dès qu'une des extrémités de l'excitateur d'argent *a* fut approchée à $\frac{1}{4}$ de ligne de *n*. La lame de verre employée comme précédemment, suspendit entièrement les effets galvaniques, et j'observai que l'on était obligé de rapprocher à chaque minute l'excitateur *a*, du conducteur humide, pour produire un stimulus.

Que l'on se représente, autour de la partie musculaire *n*, un espace indiqué par la ligne ponctuée *pq*, supposée à $\frac{1}{4}$ de ligne du muscle, elle exprimera l'étendue de la sphère d'activité

6

de la substance organique. Cette atmosphère diminuant successivement, se réduit jusqu'en *r s*, et bientôt elle devient encore moindre.

Je plaçai ainsi *m*, fig. 36, entre or et or, et entre zinc et or, le résultat fut le même. Parmi plusieurs autres morceaux de la même cuisse que j'employai, il n'y en eut qu'un qui produisit des effets à quelque distance, et je ne pus apercevoir aucune différence extérieure entre ce morceau et les autres.

Ces phénomènes observés plusieurs fois donnent ce résultat nouveau et bien remarquable, que les substances animales fraîches répandent quelquefois autour d'elles une atmosphère conductrice invisible, dont l'étendue et l'efficacité diminuent à proportion du temps depuis lequel ces parties ont été séparées de l'animal.

J'ai aperçu, deux autres fois, les effets de la sphère d'activité des muscles et des nerfs; ce qui atteste indubitablement l'existence de ce que *Reil* et d'autres physiologistes distingués n'avaient que soupçonné; mais un chapitre particulier sera consacré à cet objet intéressant. Je reprends la simple exposition des faits.

La main peut produire le même effet que la couche humide occasionnée par l'haleine, fig. 32. Il en est de même de la chair musculaire, fig. 36.

Si l'on pose un doigt humide sur *z* fig. 38, et que l'on touche d'un doigt de l'autre main, un muscle de la cuisse, avec la pièce de monnaie d'argent *s*, le nerf crural de cette cuisse étant aussi armé d'argent, il y a de fortes contractions. Elles ont également lieu lorsque tenant de la main gauche une pince d'argent, fig. 39, on s'en sert pour unir en même temps le muscle avec l'armature *r*; il y a alors un double conducteur, l'un qui passe du nerf par *r*, *z*, le bras droit, le bras gauche et la branche *s*; l'autre qui s'étend du nerf en *r* et en *s*: mais le premier de ces conducteurs paraît être le seul efficace, car l'irritation cesse dès que la main n'est plus en contact avec le zinc *z*.

Les armatures du muscle et du nerf, fig. 32, étant de même nature, il faut pour qu'elles produisent des effets, que la substance intermédiaire hétérogène ait une de ses faces enduite d'une vapeur humide. Mais tout effet galvanique cesse, si les deux faces de cette substance hétérogène sont couvertes d'une semblable couche. Le cas fig. 23, est constamment négatif, quand *a* et *b* sont d'argent, *e* de zinc, *c* et *d* de chair musculaire, l'irritation étant alors trop faible.

Toutes les expériences faites sur cet objet s'accordent parfaitement; mais la suivante que

j'ai répétée plusieurs fois, est celle qui présente les phénomènes de la manière la plus frappante. L'appareil fig. 40 représentant une chaîne formée par le nerf, de l'or, de la chair musculaire, du zinc et de l'or, a donné un résultat positif; j'ai ajouté, sur le zinc, un morceau de chair musculaire *m*, fig. 41, et les contractions ont cessé. J'ai ensuite placé sur *m*, du zinc *r*, fig. 42, ce cas a été positif; après avoir ajouté sur *r* un autre morceau de chair musculaire *n*, fig. 43, l'effet est devenu négatif; et il a été de nouveau positif, une plaque de fer *f*, fig. 44, ayant été posée sur *n*. Il est donc nécessaire que l'humidité ne couvre qu'une seule face du métal hétérogène *z*, fig. 35. Nous avons ici, pour me servir de l'expression de mon ami *Abilgaard*, un électrophore vaporo-galvanique, dont les phénomènes sont des plus étonnants de la physique moderne.

CHAPITRE V.

Signes adoptés pour représenter clairement et simplement toutes les conditions du galvanisme. — Formules employées pour exprimer les cas négatifs et les cas positifs. — Grande réserve à apporter dans les conséquences des expériences négatives.

DANS les quatre premiers chapitres, on a exposé les circonstances dans lesquelles les phénomènes galvaniques réussissent et celles où ils ne réussissent pas. On a soigneusement évité de confondre les faits avec les conjectures auxquelles ils peuvent avoir donné lieu.

J'ai pensé que le lecteur serait satisfait de cette méthode selon laquelle les faits se trouvent simplement enchaînés les uns avec les autres. Quelle différence de complication entre l'expérience dans laquelle le muscle de la cuisse est seulement mis en contact avec le nerf sciatique qui lui est uni organiquement, et l'expérience avec l'haleine! Ni la lecture la plus attentive des chapitres précédents, ni l'examen des figures ne

pourrait mettre le lecteur à même d'embrasser tout l'ensemble des faits qui y sont exposés. J'ai donc cru qu'il fallait inventer une méthode qui pût remédier à cet inconvénient. L'avantage qu'offrent les mathématiques de représenter un grand nombre de propositions avec un petit nombre de signes, m'a engagé à exprimer par des signes analogues, les variétés de l'appareil galvanique, dans lequel presque tout dépend de la manière dont les substances sont disposées en chaîne. J'ai présenté un essai de cette méthode, dans ma première lettre à *Blumenbach*. La satisfaction que plusieurs savants m'ont témoignée de cet essai, m'a décidé à exposer ici mes idées plus amplement.

Je distingue deux classes de substances actives dans le galvanisme : la première comprend tous les métaux, le charbon et les substances qui en contiennent ; la seconde, toutes les parties animales et végétales humides, la chair musculaire, l'eau, le drap mouillé, etc. On désigne presque généralement les substances de la première classe, sous le nom d'excitateurs, et ceux de la seconde, sous celui de conducteurs du fluide galvanique. Ces dénominations sont fondées sur la supposition que, sans métal ou sans charbon, on ne peut produire de contractions, et sur celle

que les corps de la seconde classe n'ont d'autre utilité que de ne pas rompre l'union dans la chaîne des excitateurs.

Cette division des substances est fausse et contradictoire à beaucoup d'expériences que j'ai faites. Les phénomènes galvaniques ont lieu dans l'état d'incitabilité exaltée, lorsqu'on se sert uniquement des prétendus conducteurs, comme dans les cas fig. 2, 3, 5. Ils ont même lieu dans l'état de moindre incitabilité, comme dans l'expérience avce l'haleine, fig. 33, où l'eau et les substances humides conductrices agissent comme de véritables excitateurs. Nous n'emploierons donc pas dans nos formules, ces dénominations hasardées et hypothétiques.

Nous distinguerons deux classes de substances d'après leurs caractères chimiques particuliers. Les substances métalliques et contenant du carbone sont parmi les solides, celles qui ont la propriété distinctive de faire naître les phénomènes galvaniques. Je les désigne par la lettre P, de manière que deux métaux homogènes, par exemple, deux morceaux d'or sont exprimés par PP, et deux métaux hétérogènes, par exemple, du zinc et de l'or, le sont par P *p*.

Je prends pour exemple l'appareil ordinaire fig. 8, dans lequel l'armature musculaire qui

est d'argent, touche l'armature du nerf qui est de zinc. L'expression $\underbrace{P\,p\,P}$ signifie qu'un métal hétérogène se trouve entre deux homogènes, ou que du charbon est en contact avec deux métaux homogènes. L'expression $\underbrace{P\,p\,P\,P}$ signifie que quatre morceaux métalliques, d'or et de plomb par exemple, composent le conducteur. L'expérience, fig. 8, sera exprimée par cette formule:

$$\underbrace{\textit{Nerf}\ P\ p}$$

Les corps de la 2.me classe qui paraissent n'agir le plus souvent, dans l'état de moindre incitabilité, que comme des substances conductrices, ont cela de commun qu'ils sont humides. C'est pourquoi je les désigne par H et *h*. Ainsi le cas fig. 1 s'exprime ainsi:

$$\underbrace{\textit{Nerf}\ P\ H\ p}$$

La formule

$$\textit{Nerf}\ P\ p$$

où la liaison ne se trouve pas, exprime qu'un nerf est, à la vérité, en contact avec deux substances hétérogènes métalliques ou charbonneuses, mais sans former de chaîne. C'est l'expérience fig. 9 qui m'a réussi, et que l'on avait regardée jusqu'ici comme négative.

Le signe d'union sert aussi pour exprimer les

cas où la chaîne est fermée deux fois. Lorsqu'il y a entre les deux armatures de zinc et d'argent *v* et *s*, fig. 46, différents morceaux de chair musculaire *m*, *n*, et de métaux *k*, *l*, dont *l* communique aussi avec le nerf, les phénomènes galvaniques n'ont lieu que si *l* et *s* sont homogènes. En conséquence, l'expérience fig. 46 s'exprime ainsi :

Nerf P H *p* H P *p*

Il sera possible d'exprimer en quelques lignes, au moyen de ces signes, toutes les conditions du galvanisme telles que je les ai observées, et de les réduire, en quelque façon, à des idées fondamentales. Sans ces formules, il est impossible de se représenter ces phénomènes avec quelque exactitude. A quoi sert-il d'en chercher la cause, soit dans les métaux et dans leurs oxides, soit dans le dérangement de l'équilibre électrique, si les mêmes mouvements musculaires peuvent avoir lieu sans métaux et sans chaîne de communication? Les phénomènes galvaniques ont lieu dans un haut degré d'excitabilité ;

1.° En repliant les muscles des lombes vers le nerf sciatique qui leur est uni organiquement, et c'est là le cas le plus simple qui est exprimé fig. 6.

Nerf et muscle unis organiquement.

2.° En unissant le nerf crural et le muscle de la cuisse auquel il s'insère, au moyen d'une partie humide, fig. 2, 3, 4.

Nerf et muscle H *unis organiquement.*

3.° En employant des substances humides, comme conducteur entre un point d'un nerf et un autre point du même nerf, fig. 5.

Nerf H *h*

4.° Lorque deux métaux homogènes dont l'un sert d'armature au nerf, se touchent sans former de chaîne, fig. 9.

Nerf P P

5.° Lorsqu'un métal homogène établit communication entre le nerf et le muscle, fig. 16.

P *Nerf et muscle unis organiquement.*

6.° Lorsque deux points d'un même nerf sont unis par un métal homogène (21).

Nerf P

7.° Lorsqu'une substance humide unit l'armature homogène d'un nerf à un second point du même nerf, fig. 22.

Nerf P H

8.° Lorsque des métaux hétérogènes servant d'armatures au nerf et au muscle se touchent

immédiatement, ou au moyen d'un corps conducteur humide, fig. 8 et fig. 1.

Nerf P *p*

Nerf P H *p*

9.° Lorsque deux métaux homogènes, en contact avec le nerf, sont unis par un métal hétérogène.

Nerf P *p* P

10.° Lorsque des métaux homogènes servant d'armatures au nerf et au muscle sont unis, au moyen de deux substances humides, avec un métal hétérogène, fig. 23.

Nerf P H *p* H P

11.° Lorsque, dans la chaîne établie entre un point du nerf et le muscle, il y a plusieurs métaux et des parties humides placés alternativement, et que, parmi tous ces métaux, il n'y en a qu'un hétérogène, fig. 24.

Nerf P H P H *p* H P

Dans le cas de moindre incitabilité, ou du moins d'incitabilité non exaltée, les contractions musculaires n'ont lieu que,

1.° Lorsque des armatures hétérogènes du nerf et du muscle se touchent immédiatement ou au moyen d'une substance de la 1.re classe, fig. 8.

Nerf P p

Nerf P' *p* P *p*

2.° Lorsqu'entre des armatures hétérogènes il se trouve des substances métalliques ou humides, et que, parmi celles-ci, il y a deux métaux hétérogènes en contact immédiat.

Nerf P H P *p* H *p*

3.° Lorsque des armatures homogènes du nerf et du muscle sont unies par des substances de la première classe, dont l'une a une face enduite d'une vapeur humide, comme dans l'expérience de l'haleine fig. 32.

Nerf P *p* H P

Au contraire il n'y a constamment point de contractions dans l'état d'incitabilité moindre, dans les cas désignés par les n.os ci-dessus 4, 6, 8, 9 et 10, et dans ceux désignés par les formules

Nerf P P
Nerf P

Nerf P. H *p*
Nerf. P *p* P

Nerf P H *p* H P

En conséquence si nous marquons du signe + les cas où les mouvements musculaires ont lieu, et du signe — ceux dans lesquels ils n'ont pas lieu, la table suivante présentera l'ensemble de tous les faits découverts jusqu'ici. J'ai eu soin d'écarter toute expérience quelque peu douteuse, parce qu'il n'y a rien de plus désavantageux dans l'étude de la nature, que de mêler des probabilités aux choses prouvées, ou même, comme il arrive souvent, de présenter pour des faits des opinions en faveur desquelles on n'a que des préventions. Si on donne comme nouvelles, à l'avenir, des expériences galvaniques, il sera facile, en les exprimant par des signes, de découvrir si elles ne se trouvent pas dans les formules déja connues.

Conditions du Galvanisme.

1.° Dans l'état élevé de l'excitabilité.

+ $\underbrace{\textit{Nerf et muscle}}$ *unis organiquement.*

+ H $\underbrace{\textit{Nerf et muscle}}$ *unis organiquement.*

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \text{H}\ h}$

+ *Nerf* P P

+ $\underbrace{\textit{Nerf}}$ P

+ $\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H}$

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p}$

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}}$

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H}\ p}$

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H}\ p\ \mathrm{H\ P}}$.

2.° Dans l'état d'excitabilité moindre.

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p}$

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}\ p}$

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H\ P}\ p\ \mathrm{H}\ p}$

+ $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{H}\ p}$.

Je me borne à donner ici les suivantes formules négatives de la 2.me division.

— $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{H}\ h}$

— $\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ P}$

— $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}}$

— $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}}$

— $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H}\ p}$

— $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H}\ p\ \mathrm{H}\ p}$.

L'expérience intéressante dans laquelle des parties unies organiquement, telles que le nerf sciatique et les muscles des lombes sont mis

en contact, réussit presque toujours, lorsque l'on prépare des grenouilles vives avec assez de promptitude.

Je n'ai osé hasarder aucune formule négative dans les cas d'incitabilité exaltée. On pourrait les croire inexactes, parce qu'il est impossible d'être assuré que les expériences dont elles seraient l'expression aient été faites sur des organes qui possédaient le plus haut degré d'incitabilité.

N'avait-on pas considéré mal-à-propos comme négative, l'expérience fig. 9, sur le résultat de laquelle je me suis longtemps mépris moi-même, avant que des essais détruisissent mon erreur? On voit surtout, d'après mes expériences, fig. 10, 11, 12, 13 et 14 que les résultats négatifs ne servent qu'à déterminer les rapports d'incitabilité dans les animaux dont on emploie les organes. Si je ne suis pas à même de déterminer exactement toutes les circonstances et conditions d'une expérience sans effet, elle est entièrement infructueuse.

Le non succès d'une expérience sur des organes animaux, ne donne également de résultat que pour un cas particulier. Dans chaque irritation la sensibilité de l'organe éprouve une modification particulière ; et, comme nous n'avons point de moyens de déterminer le degré de

cette sensibilité ; le non-succès de dix expériences, quoique faites sous des circonstances semblables en apparence, ne peut faire douter d'une seule qui réussit. J'ai trouvé jusqu'à présent le cas fig. 7, négatif. Cependant je n'oserais pas le donner comme étant constamment tel. Car des animaux plus irritables que ceux que j'ai employés dans les expériences fig. 9 et 3, donneront peut-être lieu à des observations qui détruiront cette idée.

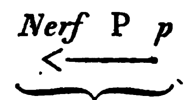
CHAPITRE VI.

Composition de la chaîne galvanique. — Influence de l'étendue des surfaces des armatures sur les phénomènes. — Ces phénomènes peuvent-ils avoir lieu sans irritation des fibres sensibles? — Influence de la situation respective des corps excitateurs. — Métaux purs. — Sulfures métalliques. — Oxyde de manganèze. — Charbon de terre et de bois. — Blende charbonnée. — Graphit. — Pierre de Lydie. — Schiste alumineux. — La glace. — Les acides. — Les alcalis. — L'huile. — Le savon. — Différence entre les propriétés des substances animales et celles des substances végétales. — Utilité de l'épiderme. — Y trouve-t-on des vaisseaux? — Observations chimiques sur la propriété conductrice en général. — Il est des hommes qui ont la propriété isolante. — Certaines parties du corps vivant naturellement isolantes, peuvent devenir conductrices. — La sensibilité momentanée que quelques parties éprouvent, suppose-t-elle des nerfs particuliers? — Application des considérations précédentes à la

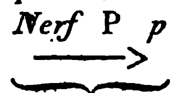
pathologie. — Propriété conductrice des morilles.

Pour embrasser toute l'étendue des phénomènes galvaniques, il ne suffit pas de considérer en général les circonstances qui les déterminent : il faut aussi examiner les modifications qu'ils présentent dans les organes des différentes classes d'animaux.

L'application des métaux fait naître des contractions plus ou moins fortes, selon les degrés d'excitabilité des organes, et selon la manière dont elle se fait. Une partie animale affaiblie qui n'éprouve pas de mouvements dans l'expérience fig. 8, quand la pince *s* est mise d'abord en contact avec l'armature *t*, ensuite avec le muscle *v*, peut en éprouver, si on fait toucher d'abord le muscle, ensuite l'armature. Ainsi la formule



représente un cas positif, et celle-ci



représente un cas négatif.

Cette découverte, que l'on a attribuée suc-

cessivement à *Volta*, à *Fowler*, à *Valli* et à *Pfaff* *, appartient au physiologiste de Bologne.

Il est à remarquer que l'ordre dans lequel on établit le contact, influe aussi sur la sensation qu'il produit. Je n'en fus jamais plus sûr, que quand je me fis appliquer des vésicatoires sur le muscle très-large du dos. La douleur était beaucoup plus forte, lorsque la pince d'argent touchait d'abord une partie musculaire à nu, et ensuite le zinc qui couvrait une autre plaie, que lorsque l'on établissait le contact dans l'ordre inverse. Il est vrai que cette différence est d'autant moins sensible, que l'organe est plus excitable.

Je fis humecter les plaies des vésicatoires avec une dissolution de carbonate de potasse: les muscles se contractèrent alors plus fort, et la cuisson fut plus prolongée; mais ces effets étaient absolument les mêmes, quel que fût l'ordre dans lequel on établissait le contact entre les parties du conducteur. Ces phénomènes ayant constamment lieu, ils ne peuvent avoir échappé aux différents physiciens qui ont fait des expériences galvaniques.

---

* Pfaff, l. c. pag. 10.

La force des contractions augmente en raison de l'étendue de la surface du métal mise en contact avec le muscle, et non à raison de toute la surface de l'armature du nerf. Cette circonstance très-remarquable a été observée par *Pfaff* *, et l'on verra plus bas qu'elle est d'une grande importance pour l'explication du galvanisme.

Ayant sur le dos deux plaies faites par des vésicatoires, dont l'une était armée de zinc et l'autre d'argent, j'éprouvai que les douleurs et les contractions étaient deux fois plus fortes, lorsque la pince d'argent qui touchait le zinc par une de ses branches était en contact, par l'autre branche, avec l'argent, que lorsqu'elle touchait la peau à nu.

Je fis la même observation sur une blessure à la main, dont je retardai la guérison pendant plusieurs jours, par l'irritation métallique.

En employant des parties unies organiquement, par exemple, en approchant la cuisse d'une grenouille de son nerf sciatique mis à découvert, mais uni au reste du corps, l'effet était plus fort, si les muscles touchaient le nerf en plusieurs points, que si le contact

* Pfaff, l. c. pag. 51 et 63.

n'avait lieu que par un petit faisceau de fibres.

J'ai aussi observé souvent, que dans les expériences où l'on emploie comme conducteur un morceau de chair musculaire séparé, les contractions augmentent, non seulement lorsque l'on pousse d'abord *d* vers *x* fig. 2, et ensuite vers *y*, mais encore quand on donne à *x* plus de surface : au contraire, la grosseur de *y* n'y fait rien ; il semble indifférent que le nerf soit armé en un point ou en plusieurs : c'est ce que j'ai encore observé dans l'expérience fig. 6 ; les mouvements étant les mêmes, soit que l'on touche le nerf avec le petit morceau de chair musculaire *z*, ou avec un autre beaucoup plus gros ; ils étaient bien plus forts, quand *y* touchait le muscle de la cuisse que quand c'était *z*.

Pfaff croit avoir observé, en employant un morceau d'éponge comme armature d'un nerf, que les mouvements devenaient plus forts quand il augmentait l'étendue de la surface de l'éponge. Je n'ai jamais remarqué cet effet ; d'ailleurs, son expérience ne semble pas présenter un résultat simple ; car, dans ce cas, l'action plus forte de l'éponge ne dépend pas seulement de l'augmentation de sa surface, mais encore de la plus grande humidité qu'elle communique.

Il est inutile d'observer que les phénomènes galvaniques réussissent, soit qu'on établisse le contact entre les deux armatures du nerf *t*, *r*, fig. 8, soit qu'on l'établisse entre l'armature *t* du nerf, et l'armature *s* du muscle. C'est encore une des observations qui n'ont point échappé à *Galvani*, quoiqu'on l'ait attribuée à *Volta* et à *Creve* *.

Comme on regarde comme une condition essentielle des phénomènes galvaniques, que l'organe soit pourvu de fibres sensibles et de fibres irritables, on a lieu d'être surpris de l'efficacité des seules armatures musculaires ; mais je ne crois pas qu'elle soit la preuve d'une irritation indépendante des nerfs, elle me paraît un résultat ordinaire de l'action du conducteur.

Si l'on prépare un morceau de chair musculaire de manière qu'il n'y reste aucune ramification nerveuse apparente, il est impossible d'y déterminer des contractions; c'est ce dont on peut s'assurer aisément avec la partie supérieure de la cuisse d'une grenouille et avec les nageoires d'un poisson. Si cependant les contrac-

---

* Pfaff, l. c. pag. 22 et 334. — Volta s'est aussi attribué cette observation. (Voyez Journal de Gren, vol. 8, pag 313, 316).

tions ont quelquefois lieu dans ce cas, on parvient toujours à découvrir dans le muscle avec la loupe quelques ramifications nerveuses conservées.

Il est certain qu'une partie musculaire se contracte, lorsqu'un des métaux faisant partie du conducteur est approché d'un nerf disséqué, ou seulement d'un point de l'épiderme qui recouvre immédiatement un nerf ; ce qui met à même de suivre avec la pince, sans léser les téguments, un tronc nerveux principal, dans une grenouille dont l'épiderme est transparente.

Si, après avoir posé une plaque de zinc sur les muscles du ventre d'une grenouille, j'établis communication avec de l'or ou de l'argent, entre cette plaque et l'endroit où je présume que répond le trajet du nerf crural, la cuisse est irritée ; mais cette expérience ne réussit jamais sur le lézard, parce que les plus petites ramifications nerveuses sont revêtues, dans cet animal, d'une peau sèche, épaisse et écailleuse.

Je crois pouvoir conclure de ces diverses considérations, que ce que l'on a regardé comme de simples armatures musculaires, présente véritablement armature nerveuse.

On observe des contractions dans la cuisse

d'une grenouille, soit que son nerf pose immédiatement sur le métal, comme dans les figures 43 et 44, soit qu'il se trouve un morceau de chair musculaire interposé, comme dans les fig. 1 et 47.

Je me suis permis de traiter cette question d'une manière un peu détaillée, parce qu'elle est intimement liée à une difficulté qui s'est élevée sur les nerfs du cœur, et dont nous nous sommes beaucoup occupés mon frère aîné et moi.

Je passe à la considération des substances qui sont, dans la plupart des cas, nécessaires pour produire les phénomènes galvaniques. Il ne faut cependant pas perdre de vue, qu'on peut exciter, sans ces substances, des mouvements musculaires dans des parties unies organiquement: c'est quand l'excitabilité est faible que la présence de substances étrangères dans le conducteur est nécessaire; leur situation respective influe, ainsi que leur nature particulière, sur leur efficacité: c'est ce dont les formules positives et négatives fournissent des exemples. Dans celle

Nerf P P *p*,

P P expriment deux plaques de zinc, et *p* petit, un arc d'argent qui unit un P avec le nerf. Il y a dans ce cas, des contractions, tandis qu'elles n'ont pas ordinairement lieu chez

les individus irritables, dans le cas exprimé par la formule

$$\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}}$$

où l'arc d'argent se trouve entre deux plaques de zinc ; ainsi les mêmes métaux disposés différemment donnent des résultats différents. La théorie de *Volta*, que j'examinerai plus bas, est même fondée sur la disposition des substances conductrices.

On observe encore les différences résultantes des diverses situations des parties du conducteur, dans les formules suivantes, où H exprime un morceau de chair musculaire de deux à trois lignes d'épaisseur.

$$1.\ \underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}\ p\ \mathrm{P}}$$

$$2.\ \underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}}$$

$$3.\ \underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{H}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}}$$

$$4.\ \underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}\ p\ \mathrm{H}\ \mathrm{P}}$$

$$5.\ \underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}\ p\ \mathrm{H}\ \mathrm{P}\ p}$$

$$6.\ \underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}\ p\ p\ \mathrm{H}\ \mathrm{P}}$$

L'expérience m'a démontré, que dans la plupart des animaux irritables, les cas exprimés par les formules 1, 3 et 5, sont positifs, et que

ceux exprimés par celles 2, 4 et 6 sont négatifs (22).

La nature particulière des substances dont le conducteur est composé, influe autant sur les phénomènes galvaniques, que leur situation respective.

Cet objet a été traité dans un si grand détail par d'autres auteurs, que je me bornerai ici à donner ce qui peut ajouter quelque chose aux connaissances que l'on a déja acquises.

J'ai fait voir, dans le chapitre précédent, que la signification qu'on donne ordinairement aux expressions *excitateur* (23) et *conducteur* est fondée sur de fausses suppositions. Les expériences galvaniques réussissent sans qu'on emploie des substances appelées excitatrices; tout corps conducteur peut devenir excitateur dans certaines circonstances : tout excitateur est aussi conducteur; ainsi l'on ne devrait employer que les expressions *substances simplement conductrices*, et *substances conductrices et excitatrices*. Mais comment choisir, avec confiance, entre des dénominations consacrées à exprimer des causes sur la nature desquelles nous ne savons presque rien?

Volta, qui attribue les phénomènes galvaniques à la destruction de l'équilibre électrique entre deux substances, donne aux métaux et aux

autres parties de la chaîne, les noms *d'excitateurs de première et de seconde classe.*

Les physiologistes de Bologne, qui placent le stimulus dans les organes des animaux mêmes, regardent toutes les parties intermédiaires comme simplement conductrices.

Mais sort-il des organes un fluide qui produit des mouvements musculaires lorsqu'il est en quantité suffisante, sans que d'autres substances y coopèrent? et est-il nécessaire que ce fluide traverse d'autres substances, pour devenir efficace, quand il émane plus faiblement des organes?

Les deux dénominations adoptées par l'école de Como et par celle de Bologne, ne seraient-elles pas alors également incorrectes? N'avons-nous pas vu que dans un haut degré de vitalité, le nerf et le muscle seuls sont des excitateurs suffisants, que la vitalité étant affaiblie et l'excitabilité étant moindre, il faut ajouter des métaux au nerf et au muscle pour produire une irritation?

Ces expressions de *parties unissantes* ou de *chaînons intermédiaires de première et de seconde classe*, me paraissent plus convenables et moins hasardées, parce que, dans certaines circonstances, le contact immédiat des muscles et des nerfs unis organiquement, ne produisant

point de contractions, il est nécessaire d'établir, d'un organe à l'autre, un conducteur formé d'autres parties.

Les substances propres à occasionner ces effets sont : tous les régules des métaux, l'oxyde de manganèze, les sulfures métalliques, tels que les sulfures de cuivre, de fer, d'arsenic, la galène, le cobalt, la mine d'étain, l'aimant, les charbons de bois et de terre, la blende charbonnée, le graphit ; et d'après mes dernières observations, une variété de la pierre de Lydie des montagnes de Turinge, le schiste alumineux ; l'eau et tous les fluides susceptibles de former des gouttes, à l'exception de l'huile ; les morilles, la chair musculaire fraîche, bouillie ou rôtie, ainsi que d'autres substances animales à l'état de vapeurs.

Lorsque les organes sont dans un état d'excitabilité exaltée, chacune des substances ci-dessus désignées est également propre à exciter les effets galvaniques, et à former une chaîne active entre le nerf et le muscle. Mais dans un degré d'excitabilité moindre, ou si l'on emploie des animaux affaiblis, pour que les phénomènes aient lieu, il faut ajouter dans la chaîne, des substances de la première classe, c'est-à-dire, des substances métalliques ou charbonneuses, à

celles de la seconde classe, dans les rapports indiqués par les formules positives.

Métaux à l'état de régule.

La plupart des physiciens qui ont écrit sur l'irritation métallique se sont contentés d'indiquer dans leurs expériences, les degrés d'efficacité de certains métaux employés comme parties de la chaîne; et ils appellent cette propriété des métaux, *propriété conductrice*, ou *propriété excitatrice*, selon la théorie qu'ils adoptent.

Il est inconcevable combien il y a de confusion dans ce qu'on a écrit sur cette matière. On n'a pas fait attention que les conditions du galvanisme sont très-compliquées, et qu'elles le sont d'autant plus que l'excitabilité des organes est moindre. Pour faire des expériences comparatives exactes, il serait sessentiel que le degré d'excitabilité fût le même dans les organes dont on se sert, que la température fût la même, que l'isolement et la forme des métaux fussent les mêmes, et que le contact se fît d'une manière semblable.

Au commencement on considérait les armatures des nerfs séparément, sans avoir égard aux armatures des muscles, quoiqu'elles agissent

conjointement ; on a nié *, d'après beaucoup d'observations fausses, les effets que j'avais obtenus dans mes expériences par la combinaison du fer, du plomb, du cuivre, du cobalt et de feuilles d'étain.

Il était réservé à la sagacité de *Pfaff* ** de répandre du jour sur cet objet important, de distinguer les cas analogues de ceux qui ne le sont pas, et de dresser des tables comparatives exactes sur l'effet des métaux : en faisant usage de ces tables, il faut se souvenir constamment que l'excitabilité des organes est une circonstance aussi importante dans les expériences galvaniques, que la température pour les attractions chimiques. Qu'on ne se laisse point induire en erreur si l'on observe dans un même organe ou dans plusieurs organes du même animal en même temps, des contractions qui se trouvent en rapport inverse avec la force des excitateurs dont on se sera cependant assuré soigneusement : le stimulus le plus faible est plus actif sur une partie simplement sensible, qu'un stimulus plus fort sur une autre partie qui jouit d'un plus haut degré de

* M. Hecker, dans la Gazette de Médecine et de Chirurgie, 1793, vol. 5. pag. 3.

** Pfaff, l. c. p. 45, 54, 63, 200 et 219.

sensibilité. *Reil* s'exprime sur cet objet d'une manière très-juste, lorsqu'il dit : *Cùm enim quodvis organon singulæque illius partes suâ, ad suas functiones accomodatâ fabricâ polleant, minimaque fabricæ differentia effectus vis motoriæ mutet, quodvis organon, immo singulæ illius partes propriis et diversis stimulis essent sollicitandæ ut indè verum judicium de illius irritabilitate hujusque gradibus feratur.* Et dans un autre endroit : *Patet in ipso sano corpore irritabilitatem mutabile non fixo gradu gaudere, cumque mox deprimi, mox exaltari, ideoque stimulos, ratione quantitatis et qualitatis eosdem, diverso tempore admotos, diversum, mox majorem mox minorem effectum prolicere* *.

J'ai souvent observé que le zinc et l'or produisaient sur la *Rana portentosa L.* qui est naturellement très-paresseuse, des contractions musculaires plus fortes lorsqu'on l'avait préparée promptement et peu de temps après avoir été pêchée, que celles qu'occasionnaient le plomb et l'argent sur des cuisses de grenouilles séparées depuis un jour du corps de l'animal.

---

* Reil et Gautier, *De irritabilitatis notione, natura et morbis.* Halæ, 1793, pag. 68 et seq.

On m'avait apporté plusieurs crapauds *Rana-buffo* L. parmi des grenouilles. Ils étaient très-faibles, et leur nerf crural n'était sensible qu'à l'action du zinc et de l'argent. Je changeai la sensibilité des organes simplement en plongeant, pendant quelques secondes, l'extrémité du nerf dans l'acide muriatique ; le fer et le plomb suffirent alors pour occasionner des contractions violentes.

Si l'on n'avait vu dans cette expérience que l'effet du galvanisme, sans faire attention à la préparation que l'organe avait reçue, on se serait nécessairement trompé sur l'efficacité relative du zinc et de l'argent, du fer et du plomb.

Métaux carbonés et sulfurés.

Les combinaisons des métaux, par exemple, celle du fer avec le carbone, ne les privent pas de leur propriété excitante. J'ai souvent fait des expériences avec le fer le plus pur ou le *fer ductile*, le *fer carboné* ou l'acier, et le *fer surcarboné* ou le fer de fonte, et je les ai trouvés très-actifs. Il paraît même que le fer employé avec le zinc, est d'autant plus apte à produire des contractions vives, qu'il est uni à une plus grande quantité de carbone. Le fer

de fonte gris, cristallisé en lames hexagones, est celui qui produit l'excitement le plus fort. Deux substances très actives réunies, le fer et le charbon, manifestent, dans ce mélange, leur activité.

Je me suis trompé pendant longtemps, en supposant que le fluide magnétique produisait, dans les métaux, une hétérogénéité qui influait sur le galvanisme. J'avais observé que des grenouilles très-faibles dont le nerf était armé de fer ductile, n'éprouvaient pas de contractions quand l'arc était complété avec de l'acier ordinaire, mais que les contractions se manifestaient aussitôt qu'on employait une armature aimantée (24). Comme je ne pouvais croire que l'hétérogénéité fût moindre entre le fer pur et l'acier ou *fer carboné*, qu'entre acier et acier, j'attribuais ce phénomène au fluide magnétique. L'ouvrage intéressant de *La Roche* * sur l'action de l'aimant dans l'économie animale, la vertu souvent attribuée au fer aimanté de calmer certains maux de dents et les crampes de l'estomac, semblaient appuyer mon opinion.

* Analyse des fonctions du système nerveux, etc. Genève, 1778, in-8.°

Je choisis un barreau aimanté dont les pôles actifs étaient très-bien polis. Les deux pôles ne manifestèrent aucune différence dans les essais galvaniques, et même aucun aimant artificiel ne produisit pas d'autre effet que l'acier non aimanté (25).

Dès-lors je n'attribuai plus l'effet que j'avais observé d'abord, à la puissance magnétique, mais plutôt à une inégalité accidentelle dans le métal. Je remarquai même que sur des animaux affaiblis, deux espèces d'acier faisant partie d'un même instrument, et dont l'aspect extérieur n'offrait point de différence, occasionnaient des contractions musculaires. L'analyse chimique de l'acier aurait sans doute peu éclairé sur la cause de ce phénomène; car mes expériences faites avec la pierre de Lydie, prouvent qu'une quantité de carbone trop petite pour être aperçue par les agents chimiques, agit sensiblement sur les nerfs.

Je tentai une autre voie pour parvenir à mon but. Je choisis deux aiguilles d'acier dont la substance était tellement homogène, qu'elles ne produisaient aucune convulsion sur les animaux faibles. Il n'y en avait pas davantage, lorsque je touchais, avec le fil d'argent sec fig. 48, ces aiguilles adaptées comme armatures, au nerf et au muscle. Comme le contact de l'aimant rend

le fer magnétique tant que ce contact dure, j'approchai un aimant artificiel de l'aiguille *a*; *c* empêchait que la puissance de l'aimant s'étendît jusqu'en *b*; l'une des armatures se trouvait ainsi aimantée: mais cette circonstance n'influa nullement sur le galvanisme, et les muscles des cuisses n'éprouvèrent aucun mouvement.

Je fis ensuite par le frottement un aimant artificiel, de l'armature *a*; le poli de l'aiguille en avait même souffert, ce qui est une circonstance très-importante pour l'hétérogénéité; mais je ne parvins point à exciter des mouvements dans les muscles. Il serait superflu de démontrer par d'autres expériences, que la puissance magnétique n'a pas encore manifesté ses effets sur la matière animale vivante; mais quoiqu'ils échappent à nos sens (26), on ne peut douter de leur réalité; nous sommes certainement en droit de penser, d'après de fortes analogies, que l'aimant le moins actif mis à la proximité d'un corps animal ou végétal vivant, modifie les effets de sa vitalité, et produit par exemple l'accélération de sa nutrition, celle du mouvement des fluides en général et des autres fonctions vitales.

Parmi les métaux à l'état de mine, les sulfures de cuivre, de fer et d'arsenic, la galène, la mine de cobalt luisante et la mine d'étain, ont été

reconnus par *Pfaff*, pour conducteurs dans les expériences galvaniques. Le cuivre vitreux, le cinnabre et la blende suspendaient les contractions, dès qu'ils faisaient partie de la chaîne. Il en était de même avec la mine de plomb blanche et verte, la terre de plomb grise, la mine de fer limoneuse, la pierre de fer brune fibreuse, la mine de fer spathique, la mine d'étain de Cornouailles, la malachite, l'azur de cuivre, la mine d'argent rouge tant claire qu'obscure, et le péchery.

Je crois que cette différence dans l'efficacité des métaux dépend du degré de leur oxydation; dans le sulfure de fer et la galène, le fer se trouve à l'état de régule ou de fer simple, le plomb est uni au soufre; la mine d'argent rouge, selon la découverte de *Klaproth*, est composée d'argent à l'état d'oxyde combiné avec l'acide sulfurique*. Les minéraux qui contiennent des métaux à l'état de régule ou combinés avec le soufre, ont tous un éclat métallique parfait; ceux (27) dans lesquels le métal se trouve plus ou moins saturé d'acide, présentent différentes couleurs, selon les degrés d'oxydation: tels sont l'azur de cuivre, la

---

* Crell, Annales de chimie, 1791, 1.er cahier. Journal de physique, octobre 1793, pag. 291.

malachite, la mine de plomb blanche, le sulfure de cuivre, le fer micacé et la mine d'argent arsénicale. L'aspect panaché que plusieurs métaux présentent, annonce, pour ainsi dire, le premier degré d'oxydation. J'ai souvent observé que les endroits d'une plaque d'argent qui paraissaient chatoyants bleus et jaunes, n'étaient aptes à produire presqu'aucun phénomène galvanique. C'est ainsi que l'eau chaude en vapeurs facilement décomposable, que l'on répand sur du zinc à l'état de régule, diminue sa vertu excitante. Le moindre degré d'oxydation se manifeste par une légère modification dans l'éclat métallique. A un plus haut degré d'oxydation, le métal acquiert plus de capacité pour le calorique, il devient plus idioélectrique; il perd, en même temps, sa propriété conductrice de l'électricité et du calorique (28) et sa densité; il devient plus diaphane, et il reflèchit des rayons lumineux divisés, c'est-à-dire, qu'il a différentes couleurs. Mais aussitôt que le métal est complètement saturé d'oxygène, la réfraction des rayons de lumière diminue, et il prend ordinairement une couleur blanche. Je crois avoir observé à peu près le même phénomène dans le régne végétal; les pétales prennent les différentes couleurs des oxydes métalliques, ainsi que toutes les parties des plantes qui n'ex-

pirent point, et dans lesquelles l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau, s'accumule. Comme les moyens employés pour analyser les substances minérales par la voie sèche, exposent ces substances au contact de l'oxygène contenu dans l'air qui environne le feu, et comme lorsqu'on emploie la voie humide, l'oxygène de l'eau ou des acides agit aussi sur ces substances, il est presqu'impossible de déterminer par le résultat de l'analyse, si le métal est pur, ou s'il est légèrement oxydé : c'est pourquoi il m'a semblé du plus grand intérêt de fixer l'attention sur la couleur et sur l'éclat des substances métalliques, pour en tirer quelques inductions relativement à leur oxydation, ce même état paraissant influer sur leur activité dans la chaîne galvanique.

Oxyde de manganèse.

Il paraît surprenant que ce métal soit le seul dont la combinaison avec l'oxygène jouisse complètement de la propriété conductrice du fluide galvanique. *Pfaff* a observé cette propriété dans la mine de manganèse *rayonnée* et *solide*.

J'ai produit moi-même des mouvements très-forts, en employant la mine de manganèse noire pour armature des nerfs avec un communicateur

d'argent. Mais je me suis assuré, par une expérience très-simple, que cette mine contenait, outre le fer, une certaine quantité de carbone ; or, comme on connaît, d'après les découvertes de *Volta* et de *Blumenbach*, la propriété excitante du carbone, il me semble très-probable que l'effet que j'ai obtenu dans mes expériences est dû à ce principe, plutôt qu'à l'oxyde de manganèse.

Ne pourrait-il pas se faire qu'on obtînt un effet semblable avec la manganèse grise ? On sait que tous les oxydes de manganèse rougis au feu donnent un mélange de gaz oxygène et de gaz acide carbonique ; c'est pour cette raison que dans les opérations où l'on a plus à cœur d'éviter la présence du carbone que celle de l'azote, on préfère le gaz oxygène retiré du muriate de potasse, à celui qu'on se procure avec l'oxyde de manganèse. L'acide carbonique ne se trouverait-il pas existant dans l'oxyde de manganèse ? la mine de manganèse grise ne contiendrait-elle pas aussi du carbone ? et l'éclat métallique très-frappant qui distingue l'oxyde de manganèse, ne serait-il pas dû à sa combinaison avec le graphit ?

J'ai trouvé plusieurs fois, en faisant dissoudre la mine de manganèse rayonnée grise d'Ilefeldt dans des acides minéraux, un résidu indissoluble qui n'était point la silice qu'a observée *Bindheim*,

mais qui paraissait plutôt être du carbone, comme dans l'oxyde de manganèse noire. L'oxyde de manganèse que l'on achète chez les apothicaires, est absolument sans effet dans le galvanisme. Je n'ai pas encore eu le temps de préparer un régule de manganèse aussi pur qu'il est possible, et de l'oxyder artificiellement ; ce serait le seul moyen de vérifier jusqu'à quel point mes conjectures sont fondées.

Charbon de terre, charbon de bois, blende charbonnée, graphit.

La découverte importante de l'efficacité du charbon de bois est due à *Volta*, et non à *Fontana*; on la lui a attribuée, parce qu'il l'a fait connaître le premier dans le Journal de physique *.

On sait que le charbon qui a été bien rougi au feu, est le seul qui présente la propriété excitante; mais j'ai rarement réussi à donner, comme *Pfaff*, cette propriété à un charbon qui ne la possédait pas, en le faisant très-bien rougir au feu **. J'ai présumé que, dans ce cas, l'hydrogène enveloppant le carbone, le rendait inca-

* Journal de physique, 1793, pag. 292.

** Pfaff, l. c. pag. 48.

pable de produire les phénomènes galvaniques. J'ai répété en conséquence les expériences de *Berthollet* sur le noircissement de l'écorce d'arbre, consignées dans les annales de chimie, tome VI, et décrites dans mes aphorismes sur la physiologie chimico-végétale.

Je plaçai des copeaux de sapin (*pinus sylvestris*) d'un blanc éclatant, sous une cloche de verre remplie de gaz oxygène, et dont on avait soigneusement enlevé, en la lavant, le gaz acide carbonique qui pouvait s'y trouver : la température de l'appartement était au 18.e degré du thermomètre de Réaumur. Cinq heures après le commencement de l'expérience, le bois présentait un léger suintement, et il se couvrit de gouttes d'eau. Quand il se fut écoulé quatorze heures, on y aperçut des raies chinées d'où il découlait de l'eau. Ces raies augmentèrent considérablement les deux jours suivants. J'essayai alors le gaz qui était renfermé, à l'aide du mercure, sous la cloche, et je découvris, ce que *Berthollet* n'avait point observé, des indices très-certains d'acide carbonique dans ce gaz oxygène.

La partie fibreuse du bois contient de l'hydrogène, du carbone, de l'oxygène, du carbonate de magnésie, de la terre calcaire, et peut-être

de l'azote; l'alcali qui reste après la combustion de certaines plantes, pouvant être considéré, malgré les expériences de *Margraaf* et de *Wiegleb*, comme formé postérieurement à leur décomposition. L'hydrogène paraît avoir à la même température, plus d'affinité que le carbone pour l'oxygène, par conséquent, il se forme d'abord de l'eau, et ensuite de l'acide carbonique. Le carbone combiné avec des terres (28), et séparé de l'hydrogène (29), se présente sous l'apparence des raies noires dont nous avons parlé. Je me suis servi de ces raies pour les expériences galvaniques.

J'ai préparé le nerf crural d'une grenouille très-vive, je l'ai mis en contact avec les endroits noircis du bois; et la communication a été établie avec de l'or, entre ces endroits et le muscle. Après beaucoup d'essais infructueux, j'ai rencontré des raies noires qui excitaient des contractions très-violentes. Est-il besoin d'une preuve plus convaincante en faveur de ma conjecture, que l'hydrogène qui enveloppe le carbone dans le charbon mal brûlé est ce qui le prive de sa qualité excitante?

Une découverte peut-être plus heureuse a confirmé ce succès. J'avais déja manifesté dans mes

aphorismes de physiologie végétale *, la conjecture que la carie des arbres (*uredo*) était due à un excès d'oxygène provenant de l'atmosphère ou des vaisseaux malades dans leurs fluides. Je présumais que, dans un arbre en végétation, le carbone se dégage de l'hydrogène comme je l'avais observé sous la cloche. Cette idée fut confirmée d'une manière frappante, par les expériences galvaniques. Je pris du bois qui avait été coupé d'un endroit carié d'un vieux mûrier, et je l'appliquai comme armature à un nerf. Il s'en trouva plusieurs morceaux qui produisirent des mouvements musculaires étant unis avec de l'argent; on n'y apercevait cependant à l'extérieur, aucun indice de charbon. J'ai fait, en dernier lieu, des expériences avec les raies noires qui se forment sur le bois qui a séjourné sous l'eau, surtout, exposé à la lumière du soleil, ou sur lequel on a laissé tomber quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, ce qu'on peut supposer donner lieu à une décomposition de l'eau ou de l'acide, et à un développement de carbone; mais ces expériences n'ont pas rempli mon attente.

Lorsque *Volta* communiqua, pour la première fois, aux physiciens de Bologne, ses expériences

---

* Gehler, Dict. de Physique, tom. 5, pag. 694.

avec le charbon de bois, *Aloïsio Laghi* *, professeur de chimie dans cette ville, qui s'occupait de l'analyse des charbons de terre découverts dans la Romagne, repéta les expériences de *Galvani*, avec ces charbons. Mais, ni ses expériences, ni celles d'*Aldini* qui employa du charbon de terre d'Angleterre, ne réussirent en aucune manière.

Guidés par leur opinion sur la propriété électrique des nerfs, ces physiciens soupçonnèrent que la résine ou le bitume contenu dans les charbons, pouvait bien les priver de la propriété excitante. Ils firent en conséquence épurer ces charbons, qui devinrent parfaitement aptes à produire tous les phénomènes galvaniques. Dans un morceau de ce charbon on distinguait même très-bien les endroits qui avaient été assez brûlés, de ceux que le feu n'avait pas suffisamment atteints : ceux-ci interceptant le cours du fluide galvanique.

Mais j'ai aussi trouvé des charbons de terre qui contenaient assez de carbone à nu, pour être, tels qu'on les tire de la mine, bons conducteurs dans la chaîne galvanique. Il ne faut pas comprendre, parmi les charbons qui jouissent de cette propriété, celui que l'on nomme *kennel-*

* Aldini, *de animali electricitate*, pag. 15-16

kohle, à cassure conoïde, ni le *glang-pech*, ni le *mooskohle* des Allemands, mais plusieurs variétés des charbons connus en Allemagne, sous les noms de *schieffer blatter* et de *grobkohle*.

J'ai trouvé que les couches supérieures de certaines mines de charbon de terre, présentaient souvent, près de leur sommet qui est un schiste inflammable ou argileux, des morceaux prismatiques d'un véritable charbon de bois fibreux et salissant les mains. Il détermine ordinairement, lorsqu'on l'emploie comme conducteur entre un nerf et un muscle munis d'armatures homogènes, des contractions beaucoup plus vives que les charbons végétaux. Le charbon brun *branakehle* des Allemands, qui ressemble beaucoup au bois légèrement charbonné par l'action de l'acide sulfurique, ne me parut pas produire plus d'effet que ce dernier. Mais certaines variétés de la blende charbonnée que j'ai recueillies près de Servoz en Savoie, possèdent la propriété excitante à un aussi haut degré que le charbon de bois. Ce qui est très-remarquable, c'est qu'en comparant les effets de la blende charbonée qui est très-excitante, à l'inertie absolue de l'espèce de charbon de terre appelée *kennelkohle*, on voit que, dans la première, le mélange de silice nuit moins à la propriété excitante que celui

d'hydrogène qui enveloppe le carbone, dans la dernière.

Je ne doute pas que la blende charbonnée ne contienne point d'hydrogène, parce qu'on n'en retire par la distillation, ni huile, ni gaz hydrogène; résultats que présentent toutes les substances végétales contenant de l'hydrogène et du carbone; comme les anciens chimistes, tels que *Van Helmont* et *Hales* l'avaient déja observé.

Laméthrie et *Blumenbach* *, ont donné les premières expériences intéressantes sur l'efficacité du graphit dans le galvanisme. Je soupçonne que la combinaison intime du fer avec le carbone dans le graphit est la cause de son efficacité, et que cette combinaison compense, pour ainsi dire, l'effet nuisible de l'hydrogène, qui se trouve combiné dans la même substance. Quand même le gaz hydrogène que *Scheèle* en a obtenu, proviendrait de la décomposition de l'eau contenue dans l'alcali, les expériences de *Monge*, de *Berthollet* et de *Vandermonde*, faites sous des cloches remplies de gaz oxygène, au foyer du verre ardent de *Tschirnhausen*, prouveraient toujours incontestablement l'existence de l'hydrogène dans le graphit (30). Sa pro-

* Pfaff, l. c. pag. 49. Rozier, journ. 1793, pag. 293.

priété excitante est si grande, que la plus petite quantité produit le stimulus le plus fort.

Faisant quelques expériences galvaniques sur une souris, j'avais devant moi, plusieurs petits morceaux de graphit; je m'en servis pour tracer une raie sur une tablette d'ivoire, et j'aperçus des contractions très-manifestes, lorsqu'après avoir posé sur cette raie le nerf poplité de la souris, j'établis un communicateur d'argent entre elle et le muscle.

Pour rendre cette expérience encore plus frappante, je la répétai de la manière suivante. J'avais tracé avec le graphit, deux raies *a* et *b*, fig. 49, sur une tablette d'ivoire; le nerf de la souris posait sur la raie *a*, le muscle sur *b*: il n'y eut ainsi aucun mouvement, parce que l'arc était interrompu entre *a* et *b*. Mais ayant tracé un trait d'union un peu épais *a b*, avec du graphit, les contractions eurent lieu asssitôt.

L'effet galvanique fut aussi très-sensible lorsqu'ayant réduit cette substance en poudre, je plaçai dans cette poudre le nerf que je mis ensuite en communication avec les muscles jumeaux.

Pierre de Lydie.

Il est peu de phénomènes qui m'aient autant surpris que l'action de ce fossile; je la découvris

par hasard au printemps de l'an 4; elle prouve évidemment combien les organes animaux sont sensibles aux stimulus les plus faibles. J'ai déja fait mention ailleurs de ce phénomène, mais il convient que j'en parle ici plus en détail *.

Les expériences de *Fowler* avec les minéraux, m'avaient engagé à essayer l'efficacité galvanique de toutes les substances minérales de ma collection. Je mis par hasard la main sur une variété de la pierre de Lydie, qui se trouve près de Steuben en Thuringe, et aux environs de Schwartzenbach. Le morceau que j'employai avait la couleur ordinaire de cette pierre qui est un gris noirâtre; sa cassure était unie et parsemée de petites veines quartzeuses. Il parut très-actif, employé comme armature du nerf d'une cuisse de grenouille, et uni avec de l'argent et même avec du plomb.

Je soupçonnai d'abord que quelques fragments du métal, ou de la poussière de charbon de terre, s'étaient attachés à cette pierre; en conséquence, je la lavai avec soin; mais son action sur les muscles resta la même. J'ai observé que les fragments de quartz dont elle est

---

* Lettre physiologique adressée à Blumenbach. Voyez Journal de Gren. 1795.

parsemée étaient isolants et que la pierre de Lydie seule agissait comme stimulante. Selon l'usage que j'ai adopté, de rapporter, autant qu'il est possible, les nouveaux phénomènes à des causes connues, avant de les attribuer à des causes nouvelles, j'entrepris l'analyse chimique de cette pierre, m'attendant à y rencontrer une substance déja connue pour excitante. La découverte de *Volta* sur la propriété du charbon, me détermina à examiner si ce fossile n'en contenait pas. J'avais deux raisons de soupçonner ici sa présence, quoiqu'il ne s'en trouve pas ordinairement dans les pierres; 1.° la découverte que j'avais faite du carbone existant comme partie colorante dans les schistes de formation primitive; 2.° une expérience faite deux ans auparavant, dans laquelle j'avais obtenu du gaz acide carbonique et du gaz hydrogène, en faisant rougir de la pierre de Lydie réduite en poudre, humectée et placée sous l'appareil pneumatique. Je soupçonnai que, dans cette opération, l'eau s'était décomposée, et que l'oxygène s'était uni au carbone de la pierre. L'événement a confirmé ma conjecture; je trouvai dans ma collection des échantillons qui offraient des passages du noir foncé au brunâtre, et qui étaient recouverts, dans quelques endroits, d'une substance

pulvérulante. Cette poussière très-colorante donne quelquefois aux mineurs de *Naïla*, l'aspect d'ouvriers d'une mine de charbon. J'ai remarqué, en général, que les morceaux colorés de cette pierre étaient les plus efficaces dans le galvanisme, quoiqu'il se trouve aussi, parmi les variétés grises légèrement noirâtres, des échantillons qui produisent un stimulus très-fort sur les muscles. J'ai même rencontré quelques morceaux non colorés qui surpassaient les autres par leur vertu excitante ; cette propriété paraît dépendre ici, comme dans le charbon végétal, d'une enveloppe charbonneuse très-mince.

Je fis rougir, dans un vase ouvert, parties égales de pierre de Lydie et de potasse caustique : celle-ci se combina avec de l'acide carbonique, perdit sa causticité, et fit ensuite effervescence avec l'acide sulfurique.

Je mélangeai cinq parties de cette pierre réduite en poudre, avec une partie de nitrate de potasse pur. Ce mélange détonnait, et le nitrate se trouva en partie décomposé. L'alcali restant avait retenu de l'acide carbonique.

La pierre de Lydie, fondue dans un creuset couvert avec du sulfate de potasse, exhalait une odeur de sulfure alcalin très-sensible.

Je plaçai 240 grains de cette pierre bien sèche, sous une petite cloche remplie de gaz oxygène, parfaitement bien lavé et retenu sur du mercure. Ce sont les expériences de *Sennebier* sur la dépravation de l'air. occasionnée par les magasins de charbons, qui me firent imaginer cet appareil. J'examinai, cinq jours après, le gaz contenu dans la cloche, et je trouvai qu'il était mélangé avec une quantité considérable d'acide carbonique. L'eau de chaux absorbait presque 0,24 de ce mélange dans les cylindres gradués dont je faisais usage; la substance pierreuse que j'avais employée, soigneusement recueillie, ne pesait guères plus de 237 grains.

Quoique j'eusse apporté le plus grand soin à cette expérience, je n'oserais affirmer que la perte totale dût être attribuée au carbone. En répétant le même essai, je me suis aperçu que la décomposition du gaz oxygène se fait bien plus rapidement, lorsque le fossile a été un peu humecté auparavant (31).

Si l'on compare ces expériences sur la pierre de Lydie, à celles sur le graphit et la blende charbonnée, on sera convaincu qu'il existe une très-grande analogie entre ces trois substances, et que la présence du carbone dans la première ne peut être méconnue.

Ainsi nous possédons actuellement un fossile du genre des silex, qui produit complètement les phénomènes galvaniques.

Des grenouilles qui n'éprouvaient que des contractions peu marquées au moyen du zinc et de l'argent, en ont offert de très-fortes lorsqu'on a employé la pierre de Lydie avec l'argent ou le fer, ou le graphit; ce dernier mélange réuni avec l'or, ne produisit absolument aucun effet sur les mêmes individus.

Schistes alumineux et sulfuriques.

Ces deux substances, surtout ce qu'on en retire des couches qui se trouvent dans un amygdaloïde primitif entre Berneck et la Goldmühle, se rapprochent singulièrement pour les effets galvaniques de la pierre de Lydie. Leur nature chimique est aussi à peu près la même. Je n'ai pas encore trouvé de schiste véritablement primitif, assez carboné pour pouvoir servir d'armature aux nerfs; mais la conversion très-fréquente de cette substance en schiste alumineux, dont elle ne diffère que par l'absence du sulfure de fer, ne laisse aucun doute sur l'existence des schistes plus carbonés.

J'ai exposé à dessein, d'une manière très-détaillée, la propriété excitante du carbone, et j'ai

approfondi toutes les circonstances accessoires des expériences, parce qu'elles me paroissent de la plus grande importance dans les recherches sur les corps vivants (32). Il ne suffisait pas d'indiquer que le charbon de bois et le graphit produisent une irritation sur les muscles; il importait aussi de faire connaître ce phénomène dans toute sa délicatesse et dans toute son étendue.

Le carbone étant répandu dans tous les végétaux, des couches très-anciennes du globe en étant profondément pénétrées, ses rapports avec les forces vitales doivent nous intéresser infiniment.

*L'eau * et tous les liquides, excepté l'huile.*

Ils sont excellents conducteurs, et même souvent parties nécessaires de la chaîne; par exemple, dans l'expérience avec l'haleine, chap. IV.

L'eau peut agir dans l'arc galvanique, seule ou répandue sur des substances isolantes non-conductrices. La cire d'Espagne, l'ambre jaune humectés, sont d'aussi parfaits conducteurs que les métaux et la chair musculaire.

Quant aux métaux, il est indifférent qu'ils

---

* Pfaff, l. c. pag. 206 — 229.

soient à l'état solide ou fondus par l'action du calorique ; ils sont toujours aussi bons conducteurs, comme je l'ai éprouvé avec le plomb et avec l'étain.

Il n'en est pas de même de l'eau. A l'état de glace, elle est isolante comme la cire d'Espagne et l'huile. Si l'on casse en hiver, quand l'air est bien sec, des morceaux de glace en lames très-minces, la plus mince de ces lames suffira pour intercepter l'effet des excitateurs sur les organes. A peine la glace est-elle fondue, qu'elle a entièrement perdu sa qualité isolante ; elle la reprend aussitôt qu'unie à une plus grande quantité de calorique, elle passe à l'état de vapeurs. Peut-être ce dernier phénomène doit-il être attribué à l'air qui pénètre la vapeur la plus dense et qui en sépare les parties.

Je remplis une petite boule d'eau en vapeurs, et je la disposai de manière que le courant de vapeurs qui en sortait par une ouverture, se répandit sur deux métaux qui étaient l'un en contact avec l'armature d'un nerf, et l'autre en contact avec celle d'un muscle ; ils se trouvèrent ainsi unis par la vapeur pendant plusieurs secondes. Je répétai deux fois cette expérience, mais je ne vis pas naître de contractions.

J'ai trouvé très-efficaces les dissolutions des sels neutres dans l'eau, les acides sulfurique, nitrique et muriatique purifiés et concentrés, le carbonate de potasse en déliquescence, l'alcohol et tous les éthers.

Je faisais ordinairement les expériences avec ces liquides, en en imbibant un morceau de papier, que je plaçais entre deux métaux conducteurs ; ou bien, en remplissant d'alcohol, d'acide, etc., des tubes recourbés, fig. 50, dans les deux extrémités desquels étaient plongés les fils métalliques qui communiquaient avec les organes.

L'huile pure, par exemple l'huile d'olive, même dans la plus petite quantité, intercepte le passage du fluide galvanique. *Voigt*, professeur de physique à Jena, a fait là-dessus une suite d'expériences très-intéressantes.

Je versai de l'huile d'olive sur un plateau de verre, et je plaçai dans cette huile, le nerf d'un animal et une plaque de zinc, de manière que l'extrémité du nerf se trouvait à quelque distance du zinc. Le nerf était tellement isolé, qu'aucune communication établie entre le zinc et le muscle, ne put exciter le moindre mouvement. Je fis tomber dans l'huile des gouttes d'une dissolution de potasse, et il se forma

un savon liquide, qui était si bon conducteur, qu'il suffisait souvent, pour galvaniser une cuisse de grenouille très-efficacement, que la pince *p*, fig. 51, touchât le métal *m*, et le savon *s* qui venait de se former.

J'ai répété plusieurs fois cette expérience très-frappante. Des physiciens instruits de mes observations relatives à l'influence singulière des alcalis sur l'irritabilité, ont cru apercevoir ici l'effet de cette propriété dans la potasse. Je crois cependant que ce phénomène, quelque frappant qu'il soit, se réduit à celui que présente la cire d'Espagne humectée. Toute substance isolante, mêlée avec de l'eau, devient conductrice; et l'effet que produit le carbonate de potasse en déliquescence, ne pourrait-il pas être déterminé à l'instant où la potasse se combine avec l'huile, et l'unit à l'eau dans laquelle elle est dissoute?

J'ai cependant observé que le savon fluide, que j'avois préparé avec l'huile d'olive et la potasse caustique sèche, étoit un aussi bon conducteur. Mais trouve-t-on de la potasse parfaitement sèche, et qui n'ait point attiré un peu d'humidité de l'air? et peut-on déterminer la quantité d'eau nécessaire pour qu'elle agisse comme stimulante sur les organes, ou comme conductrice du fluide

galvanique ? Le savon sec seul, et même divisé en tranches extrêmement minces, n'est point efficace ; mais en posant des tranches de savon sur le muscle, elles deviennent conductrices au bout de quelques minutes. Cette propriété est due à la lymphe qui les pénètre ; circonstance qu'il faut bien observer, pour ne pas être induit en erreur.

La mousse de savon séchée depuis quelques heures, conserve en grande partie la propriété conductrice.

Je suis persuadé qu'il y a de très-grandes différences dans la propriété conductrice des différents fluides, par exemple, des acides, des éthers et des dissolutions alcalines. Mais les phénomènes qui devraient nous les faire apercevoir, c'est-à-dire, les contractions musculaires plus ou moins vives, présentent des nuances si délicates, et elles dépendent de tant de circonstances, qu'il m'a été jusqu'à présent impossible de parvenir à des résultats exacts sur ce point. Il en est de même de l'eau chargée d'acide carbonique, qui ne présente certainement pas au fluide galvanique autant d'obstacle que lui présente l'eau distillée. Mais par quels moyens pourrait-on saisir cette différence ? Nous ne savons pas même exactement la qualité conductrice

des différents métaux pour l'électricité, ni si le fluide électrique traverse plus librement l'acide nitrique que l'acide muriatique; je me borne à diriger l'attention du lecteur sur cet objet.

Il suit des observations précédentes sur les métaux et sur les substances charbonneuses, que les uns et les autres, soit seuls, soit réunis, sont privés de leur propriété conductrice du galvanisme, dès qu'ils se trouvent enveloppés d'oxygène ou d'hydrogène. Mais leur inefficacité dépend alors de la nature de nouveaux mélanges que produisent l'oxygène et l'hydrogène, combinés avec le métal et avec le carbone, et non pas d'une propriété particulière de l'oxygène ou de l'hydrogène eux-mêmes. Il serait en effet très-surprenant, que ces deux éléments réunis produisissent une substance liquide, l'eau, qui est un conducteur parfait du fluide galvanique; et que deux substances isolantes, le soufre et le phosphore, saturées d'oxygène dans l'acide sulfurique et dans l'acide phosphorique, produisissent les mêmes effets que l'eau. La propriété conductrice est inhérente aux substances, et dépendante de la combinaison de plusieurs éléments, mais elle n'est point inhérente aux éléments mêmes dont elles sont composées.

Dans des conducteurs de plusieurs espèces,

par exemple, dans les métaux, ni la liquidité, ni la quantité de calorique combiné, ne changent rien à leur activité; dans d'autres, comme l'eau, la fluidité est une condition indispensable pour la faculté conductrice. L'expansion d'une substance quelconque en fluide élastique, la rend isolante.

L'échauffement d'une substance excitante jusqu'à l'incandescence, ne la prive pas de sa propriété, comme je le démontrerai plus bas; cette opération ne produit pas plus de changement dans les substances isolantes. J'ai fait rougir des lames de verre extrêmement minces, je les ai interposées entre un nerf et son armature, mais elles empêchaient l'excitation musculaire comme étant froides. Il en a été de même de la cire d'Espagne et du soufre chauffés jusqu'à la liquéfaction.

Le carbone combiné avec quatre parties d'hydrogène, de manière à composer une masse fluide d'huile divisible en gouttes, empêche toute circulation du fluide galvanique. Quoique les huiles grasses contiennent de plus, comme *Green* l'a prouvé, une petite quantité d'oxygène, il faut, pour qu'elles acquièrent la faculté conductrice, les faire passer à l'état de rancidité,

ou les changer entièrement en acide végétal *. Il me semble que l'esprit de vin concentré doit la même propriété à l'oxygène. Quoique l'esprit de vin soit extrêmement nuisible à la sensibilité du nerf, je l'ai trouvé très-efficace dans l'expérience fig. 51 ; mais l'alcohol le plus concentré contient toujours de l'eau, comme le prouve l'analyse de *Lavoisier* et de *Meunier*, d'après laquelle l'esprit de vin est composé de carbone 28,530, d'hydrogène 7,873, d'eau 63,597 (33).

Tous les corps résineux et gommeux, solides ou fluides, les graisses animales, la résine élastique provenant du *caoutchoua elastica* L., la fossile du *Derbyshire* que j'ai examinée, le *mastic*, la *sandaraque*, la *cire*, le *suif*, le *succin* et la *gomme gutte*, se comportent exactement comme l'huile.

Quoique le mercure ne soit que divisé mécaniquement dans l'onguent mercuriel, qu'il n'y soit que trituré avec l'huile, je l'ai trouvé isolant dans cette préparation. Il en est de même des huiles empyreumatiques que je soupçonnais d'être conductrices, à raison du carbone libre

* Observations sur les huiles et sur l'air pur, par *Sennebier*. Annales de chimie, tom. 11, pag. 59.

qu'elles contiennent. Peut-être sous cette forme, le mercure et le charbon n'ont-ils rien perdu de leur faculté conductrice ; et peut-être n'y a-t-il que les parties huileuses interposées entre leurs molécules, qui s'opposent au passage du fluide galvanique.

L'observation de *Fabroni* de Florence *, que certaines variétés du carbonate calcaire ne contenaient pas d'acide carbonique, mais qu'elles étaient des terres calcaires charbonneuses (34), m'engagea à faire quelques essais avec les échantillons que je possède de ce fossile. Je pensais qu'ici, comme dans la pierre de Lydie, la fibre animale décélerait la présence du charbon, mais mes essais n'ont pas eu le succès que j'en attendais.

On n'a fait, jusqu'à présent, que très-peu d'observations sur les effets comparés des parties animales et végétales employées dans la chaîne galvanique. Je crois pouvoir présenter comme exactes les expériences suivantes. Je parle ici de plantes telles qu'on les trouve dans des jours secs du printemps, et dans l'état ordinaire de la végétation.

---

* Kirwan suppose aussi du carbone dans la pierre calcaire. Voyez la 2.e édit. de sa Minéralogie.

Toutes les feuilles des tiges, les calices, les pétales, les anthères, les pistils, les nectaires, ainsi que les fruits couverts de leur épiderme, même les tiges des jacinthes et des muguets non dépouillées de leur cuticule, toutes les mousses et les lychens sont isolants.

Si l'on pose entre les branches d'une pince et le muscle qu'on galvanise, de jeunes feuilles du *reseda odorata*, une *jungermannia complanata*, des pétales du *viola canina*, ou le *lichen prunastri*, les contractions cesseront aussitôt.

Si on dépouille le tissu cellulaire de son épiderme, ou si on coupe un morceau du milieu d'une feuille dans le *mesembryanthemum deltoïdes*, ces parties écorchées seront conductrices. Cependant elles perdent ordinairement cette qualité au bout d'un quart-d'heure. Les tiges du *convallaria major*, et celles du *lamium purpureum*, sont isolantes, lorsqu'on les place en travers, fig. 52, et non en long, fig. 53, entre des métaux conducteurs. Dans ce dernier cas, elles présentent aux métaux des parties dépouillées de vaisseaux.

Les substances animales, par exemple, des nerfs, de la chair musculaire, des membranes, du sang se comportent bien différemment: elles sont beaucoup plus actives. Je me suis assuré

par un grand nombre d'expériences, que cette différence dépend absolument de la nature particulière de la matière animale et de la matière végétale, et qu'elle est, comme *Reil* l'a développé d'une manière très-convaincante, le résultat de la structure et du mélange de leurs parties constitutives.

Il ne faut pas imaginer que la feuille du *mesembryanthemum deltoïdes* n'est moins conductrice que la chair musculaire, que parce que cette dernière contient plus de parties fluides, ou parce qu'elle se dessèche moins vîte que la première. Les sucs des plantes récemment exprimés, sont beaucoup moins actifs que les liquides animaux. J'ai exprimé le suc laiteux de l'*euphorbia esula* et de l'*asclepias syriaca*, le suc jaune du *chelidonium majus*, avec précaution, pour en remplir le tube de verre fig. 50; la réunion de *a b* et de *c d* n'a pas occasionné de contractions dans des animaux faibles. Du sang nouvellement tiré d'un animal, que je substituai au suc des plantes, fut, dans cette expérience, promptement actif. Lorsqu'on considère que l'efficacité du sang est plus grande que celle de la salive, de l'urine, du mucus, et des autres fluides secernés, il paraît probable qu'un fluide végétal ou animal est conducteur du fluide galvanique

d'autant plus parfait qu'il est plus vivifié, et que ses éléments sont moins soumis aux lois des affinités chimiques ordinaires. Le principal indice du degré de vitalité de ces fluides, est la rapidité avec laquelle leur mixtion change dès qu'ils cessent de faire partie de l'ensemble du corps organisé. Ce changement ne s'opère que lentement dans les fluides des plantes, et je crois avoir avancé avec fondement * que cette lente décomposition prouve le degré inférieur de leur organisation.

On voit évidemment que c'est la nature et les proportions du mélange de la matière animale, et non pas la quantité de fluide qu'elle contient qui détermine le degré de sa propriété conductrice, puisque de la chair musculaire cuite, rôtie, ou gardée pendant plusieurs jours, et même un morceau de jambon cru très-sec, se sont trouvés très-actifs. Ces substances ont manifesté une efficacité non-seulement égale à celle de la partie la plus humide d'une pomme, mais même elles ont paru la surpasser. Elles n'empêchaient point l'irritation, étant placées fig. 1, comme chaînon, entre l'armature du nerf et

* Flora fribergensis cryptogamia, 1792, pag. 171, vol. 10.

du muscle ; tandis que l'autre était isolante.

Comme la nature et la disposition des excitateurs influent différemment sur les effets galvaniques selon les degrés d'excitabilité, il est des substances qui sont conductrices à un degré élevé d'excitabilité, et qui ne le sont pas dans un degré inférieur. Les parties du corps humain revêtues de leur épiderme, nous en offrent des exemples frappants ; dans les expériences faites sur des animaux débiles et peu irritables, elles sont tout aussi isolantes que les parties des plantes couvertes de leur épiderme *.

Je posai le nerf crural d'une grenouille très-irritable sur mon pouce, et une lame de zinc à quelque distance, dans le creux de ma main gauche. Toutes les fois que je mis en contact une tige d'argent avec la cuisse et avec le zinc, il y eut des contractions très-faibles. Ces contractions acquirent beaucoup d'intensité, lorsque j'eus fait tomber quelques gouttes d'une dissolution alcaline sur le nerf ; ou lorsque j'eus échauffé ma main par le frottement. Dans le premier cas, l'incitabilité de l'organe fut aug-

* V. Pfaff, l. c. pag. 13. Gren journ. B. 8, pag. 381, 319 et 205 ; et mes expériences, fig. 5, 18, 38, 39.

mentée; dans l'autre, la force conductrice le fut. Car, la chaleur étant augmentée, les vaisseaux exhalants partant des extrémités des artères, sécernent une plus grande quantité de fluide, ce qui augmente la faculté conductrice de l'épiderme.

Dans des animaux peu irritables, aucune contraction n'a lieu, si on place le doigt en *a* fig. 1., ou si, tandis qu'on appuie de la main gauche *s*, fig. 8, sur *t*, on touche de la main droite la cuisse de la grenouille. C'est l'épiderme qui empêche l'effet dans ces cas; car, si on a au doigt une légère blessure qui pénètre jusqu'au réseau de *Malpighi*, les contractions ont lieu à l'instant.

Si l'on considère combien la faculté conductrice des fluides animaux l'emporte sur celle des fluides végétaux, si l'on fait attention que l'épiderme qui recouvre les plantes n'est nullement conductrice, que de la chair rôtie ou séchée conserve, pendant plusieurs décades, une propriété que le parenchyme des végétaux les plus succulents perd au bout de quelques heures, on est naturellement porté à penser que ces différences sont fondées sur l'organisation plus parfaite de la matière animale. Je regarde au moins cette plus grande perfection d'organisation dans les animaux (35) comme très-probable, si on la suppose

le résultat des attractions chimiques entre leurs principes constitutifs ; mais si on ne considère que la forme; que l'enchaînement mécanique des principes qui composent les fibres, les vaisseaux et les membranes, la distance des végétaux aux minéraux est aussi grande que celle de ces derniers aux animaux. D'après le peu que nous savons sur l'anatomie des plantes, il semble que la disposition de leurs parties constitutives est en général plus simple et plus uniforme que celle des substances animales ; mais cela n'est vrai qu'en général, et non pas de toutes les parties analogues, comparées les unes aux autres. L'épiderme des végétaux, par exemple, qui est si isolant dans les expériences galvaniques, présente précisément un réseau organisé, magnifique et pourvu d'un nombre de vaisseaux prodigieux, tandis que l'épiderme des animaux ne présente guère aux meilleurs microscopes qu'une membrane formant des plis.

J'ai plusieurs raisons d'être convaincu de cette assertion ; *Hedwig* a représenté les vaisseaux lymphatiques de l'épiderme des plantes, ainsi que leurs vaisseaux sécrétoires, avec toute la vérité qui caractérise ses dessins *, et je me suis appli-

* Hedwig, Sammlung seiner zerstreuten abhandl : 1 B. pag. 116, tab. 5.

qué dans mon travail sur la respiration des végétaux, à poursuivre ses découvertes : j'ai examiné dans cette vue, l'épiderme de plus de deux cents plantes, et je ne pouvais me lasser de considérer l'admirable structure de cette enveloppe. L'espérance de rencontrer des organes analogues (36) à ceux qui sont destinés à l'exhalation des gaz dans les téguments des animaux, et les contradictions élevées relativement aux vaisseaux de l'épiderme, m'engagèrent à soumettre celui de l'homme à des observations microscopiques très-exactes.

Leeuwenhoeck croyait avoir aperçu des pores dans l'épiderme, et il en a donné la figure dans ses *Arcana naturæ*. Mais, comme ce grand homme ne se servait que de simples lentilles qui, d'après les observations de *Falkes* et de *Backer*, ne grossissent que 160 fois, je crois qu'il a pris les petits trous des poils dans l'épiderme, pour des pores propres à son organisation.

Quoique des considérations physiologiques, et même les injections de *Haase*, portent à croire que les embouchures des vaisseaux pénètrent jusque dans les dernières couches du réseau de *Malpighi*, c'est-à-dire jusqu'à l'épiderme, on doit cependant plus de confiance à des observations microscopiques, qu'à de simples con-

jectures physiologiques ; je lavai en conséquence ma peau avec soin en plusieurs endroits, et j'en enlevai des lames très-minces avec un rasoir. J'examinai ces lames avec un microscope grossissant 312400 fois, mais je ne pus y découvrir de pores.

Fontana parle, dans son ouvrage sur le venin de la vipère (37), que je ne vois jamais sans admirer son génie et son assiduité, d'un tissu composé de cylindres ou de vaisseaux serpentants qu'il a vus à l'aide du microscope. Un autre physiologiste également célèbre, *Blumenbach*, s'exprime de la manière suivante, sur la structure des téguments : *Reticulum Malpighi æquè ac epidermis, structurâ simplicissimâ nervis vasisque planè destitutâ, longissimè à corii naturâ differunt* *.

J'ai observé, comme *Fontana*, la structure de l'épiderme humain, en me servant d'un microscope grossissant 35200 fois. Les cylindres serpentants (38) présentent des mailles irrégulières, et des branches non anastomosées. Mais plusieurs raisons me portent à croire que ce ne sont que des plis et non des vaisseaux : car, 1.° ils sont

* Blumenbach, *de generis humani varietate nativa*. 1795, pag. 117.

plus rares et moins élevés dans les endroits lisses et couverts du corps, que dans les endroits velus et exposés à l'air : 2.° leurs branches collatérales ne se terminent pas comme les vaisseaux, en diminuant insensiblement vers leurs extrémités, mais elles conservent le même diamètre jusqu'à leur extrémité : 3.° ils sont d'une largeur qui ne répond pas aux dimensions des vaisseaux des autres envèloppes du corps humain. D'après le micromètre adapté à mon microscope, la largeur de la plupart d'entr'eux était de $\frac{1}{12}$, et même celle de plusieurs de $\frac{1}{60}$ de ligne. En dirigeant le foyer d'une lentille sur ces prétendus vaisseaux de *Fontana*, on aperçoit encore plus distinctement que ce sont des plis ; car l'ombre qu'ils produisent est très-inégale, et souvent ils paraissent élevés et présentent des arêtes tranchantes. Ce n'est donc pas à une disposition plus délicate et plus variée des éléments de l'épiderme humain, qu'est due sa prééminence, comme conducteur, sur l'épiderme végétal, mais à une qualité particulière de la matière animale.

Que douze ou quatorze personnes se tiennent par la main, les deux dernières touchant l'une l'armature d'un nerf et l'autre celle d'un muscle, si dans cette chaîne, deux personnes ne sont unies

que par le chaume encore vert d'un graminée, ou par la tige du chanvre non humectée et recouverte de son épiderme, les contractions n'ont pas lieu. Mais si on fait l'expérience sur des animaux très-vifs, les contractions reparaissent dès que les mêmes personnes se donnent immédiatement les mains, ou bien si l'on dépouille de son épiderme le chaume qui les sépare.

En composant ainsi une chaîne de plusieurs personnes, j'ai remarqué un phénomène qui m'a paru trop frappant pour que je ne le rapporte pas ici. Sept ou huit personnes étant réunies, j'ai observé quelquefois que les mouvements des muscles n'avaient lieu que lorsqu'une d'elles faisant partie de la chaîne en sortait; et l'on ne découvrait souvent la personne non-conductrice que lorsqu'on les avait fait sortir toutes successivement de la chaîne. J'ai vu des cas où cette personne mouillait ses mains inutilement et sans les rendre conductrices, quoique dans d'autres circonstances ce moyen fût très-efficace, ainsi que celui d'arroser le plancher sur lequel elles se trouvent placées (39). J'ai aussi trouvé la même personne, à certaines époques, conductrice, et à d'autres isolante.

Lorsque dans mon dernier séjour à Goettingue,

je montrai au professeur *Girtanner* mes expériences sur la section des nerfs, nous eûmes occasion d'observer dans le cours de nos essais, cette propriété isolante de certaines personnes. *Girtanner*, dont on connaît la sagacité, soupçonna alors qu'un état rhumatismal pouvait peut-être occasionner ce phénomène, et j'avoue que toutes les expériences que j'ai eu occasion de faire depuis sur ce sujet, ont entièrement confirmé cette idée.

J'ai observé sur moi-même, qu'ayant un jour un fort accès de fièvre de rhume, je ne pouvais exciter dans mes yeux les lueurs galvaniques, même en employant les métaux les plus actifs: j'interrompais donc la chaîne par l'effet de cette affection légère. A mesure que la sensibilité des organes diminue, leur propriété conductrice paraît aussi s'affaiblir. Mais on ne peut expliquer comment ce phénomène s'opère. Il se rencontre des personnes qui, quoique parfaitement bien portantes, sont cependant isolantes.

L'analogie de l'expérience précédente avec celle des bouteilles électriques, à l'aide desquelles on communique des commotions à une chaîne formée de plusieurs personnes, me rappela un fait que j'avais lu dans les actes de la

société de Philadelphie *. *Flagg* y donne l'extrait d'une lettre écrite de Rio Essequebo, où il est dit que plusieurs personnes se donnant la main, et les deux qui sont aux extrémités de la chaîne touchant la tête et la queue d'une torpille (*gymnotus electricus* L.), s'il s'en trouve quelqu'une qui, par sa constitution, ne soit pas apte à recevoir l'impression du fluide électrique, elle ne reçoit pas de choc au moment du contact du poisson. L'auteur de la lettre cite une dame qui était douée de cette propriété. Elle était, à l'époque de l'expérience, attaquée d'une fièvre hectique; mais le docteur *Stiles*, qui rapporte ce fait, ajoute, qu'il ne s'est point informé si, dans l'état de santé, elle avoit pu toucher la torpille avec autant de sécurité. On rapporte la même chose de certains nègres et indiens, qui touchent ce poisson sans éprouver la moindre commotion.

Quelque peu satisfaisantes que soient ces observations, relativement à la cause des phénomènes, elles sont extrêmement instructives pour le physiologiste, puisqu'elles contribuent à prouver cette vérité intéressante, *qu'il y a des person-*

* Transactions of the american phil. society, held at Philadelphia. Vol. II, n.° 13.

nes qui sont dans tous les instants, ou dans des circonstances particulières, insensibles à l'influence des poissons électriques, qu'il en est aussi d'isolantes pour le fluide galvanique.

Il est à observer que la susceptibilité pour l'irritation et la propriété conductrice diffèrent autant l'une de l'autre, que les phénomènes de la matière vivante diffèrent de ceux de la matière morte. Je reviendrai ailleurs sur cet objet.

Nous avons vu que l'épiderme non humecté de l'homme n'est conducteur que dans le cas de l'excitabilité la plus exaltée ; la fibre osseuse est isolante dans tous les états possibles, ce qui lui est commun avec toutes les parties des végétaux dont la nature ne change pas ou presque pas *, après avoir été séparées de l'individu auquel elles appartenaient : tels sont les bois, les poils, la substance veloutée qui recouvre les semences.

On observe une différence très-frappante dans la propriété conductrice, si l'on place le fémur d'un animal dans un arc conducteur, de manière que l'armature du nerf touche le milieu de cet os, près de la ligne âpre, ou de manière

* V. Flora Friberg. et l'ouvrage de Schæffer, intitulé: Ueber sensibilitæt als Lebensprinzip, etc.

qu'elle touche le condyle interne encroûté de son cartilage. Dans le premier cas, il y a isolement, et l'os ratissé se comporte comme une substance fossile, comme le gypse : dans le second cas, surtout si l'on touche la partie cartilagineuse fraîche qui recouvre le condyle près de l'attache des ligaments croisés, on remarque la qualité conductrice à un haut degré.

Je passe à un phénomène extrêmement intéressant, et digne d'exercer la sagacité des physiologistes. Tout le monde connaît cette sensibilité, désignée sous le nom d'*agacement*, que les dents acquièrent par l'action des acides végétaux faibles, comme des raisins, des prunes, des pommes, des citrons, etc. Toute la couronne des dents, particulièrement la substance émaillée, qui est insensible dans l'état ordinaire, devient alors si sensible aux impressions, que le contact d'un morceau de laine, ou de toile, ou de papier gris, ou de liége, quelquefois même la seule appréhension du contact de ces substances, donne lieu à une sensation très-désagréable. L'attention des physiciens a été appelée sur cet objet par *Wedekind* *, alors médecin

---

* Wedekind, Aufsæze, über Gegenstænde der arzneywissenschaft. 1791, pag. 357.

à Mayence. Le célèbre physiologiste de Halle, *Reil*, a développé, sur la même matière, des idées extrêmement ingénieuses. *. Qu'y a-t-il véritablement de plus singulier, que de voir une partie de notre corps dont la substance est principalement terreuse, et à laquelle la nature paraît avoir refusé toute sensibilité, en acquérir une aussi vive, lorsqu'elle est touchée par un acide?

On n'ignore pas, que l'expérience de *Volta* sur la langue ne réussit pas, si, au lieu d'appliquer des armatures, l'une de zinc et l'autre d'argent par exemple, sur les deux faces de cet organe, on pose un des métaux sur la couronne des dents, tandis que l'autre reste appliqué sur la langue. J'étais curieux de savoir si les dents conservent cette propriété isolante, dans leur état d'agacement; l'opinion de *Wedekind* m'avait porté à croire le contraire, et mes expériences ont pleinement justifié cette idée.

Je répandis, sur les couronnes des dents incisives, de l'oxalate acidule de potasse, ou du vinaigre : les armatures occasionnèrent alors la sensation ordinaire sur l'organe du goût, quoique l'une des deux ne touchât que l'émail des

---

* Hübner, Diss. *de Caenesthesi.* Hala, 1794, pag. 33.

dents. La sensation était également forte, soit que le zinc touchât la gencive ou le palais, soit qu'il touchât l'émail des dents.

Dans cette expérience, la chaîne que supposent les effets galvaniques est donc rétablie, dans la cinquième paire de nerfs; le cours du fluide est déterminé par le zinc, à travers les dents, le nerf maxillaire supérieur, les anastombses nombreuses avec la troisième branche, le nerf lingual, et les prolongements de ce nerf qui se terminent en forme de pinceaux dans les papilles de la langue.

Ainsi, une substance principalement terreuse, et qui interrompt ordinairement la chaîne, comme le font le verre et la cire d'Espagne, devient tout-à-coup conductrice. Indépendamment d'une saveur alcaline très-forte, excitée sur la langue, elle est désagréablement irritée, lorsque l'agacement des dents a acquis un très-haut degré d'intensité.

L'expérience de *Hunter*, qui consiste à faire naître une apparition lumineuse, m'a également réussi plusieurs fois, en armant les dents incisives supérieures avec de l'argent, la face supérieure de la langue avec du zinc, et en mettant en contact ces deux métaux. Ce phénomène n'est-il pas dû à l'union de la première

et de la seconde branche de la cinquième paire, dans les nerfs ciliaires, et au voisinage de ceux-ci et du nerf optique? car il n'y a pas ici de véritable anastomose.

Reil croit que la couronne des dents, quoique tout-à-fait inorganique en apparence, n'est pas entièrement dépourvue de nerfs. Il prétend que, dans l'état ordinaire, leur susceptibilité est très-faible, mais que les acides l'élèvent à un haut degré. *Corona dentium, à Cœnesthesi non est destituta* *, *cùm in morbo exaltetur, immo cùm sensu gaudeat, haud nervis caret. Acidum pomorum specificum est irritamentum, quod vi pollet exaltandi sensibilitatem dentium.*

Le même physiologiste prononce sur l'existence des fibres sensibles dans les tendons et dans les ligaments, d'après les cas pathologiques recueillis par *Whyte* et par *Murray* **, qui attestent la sensibilité de ces parties.

Quoiqu'il ne m'appartienne pas de décider une question aussi difficile, je crois cependant que plusieurs expériences que j'ai faites me donnent le droit de douter des assertions avancées dans la dissertation de *Gautier*. Le rapport

---

* Hübner *de Cœnesthesi*, pag. 34.

** Voy. Gautier, *de irritabilitate*, pag. 20.

des nerfs avec la nutrition et la chaleur des parties, leur influence sur le procédé chimique des fonctions de la vie, me font présumer qu'un jour nous les découvrirons dans des parties de notre corps, où nous croyons jusqu'à présent qu'il n'en existe pas. Mais le phénomène pathologique, qui consiste en ce que des parties qui occasionnent des douleurs dans certains temps, sont absolument insensibles dans d'autres, ne prouve pas l'existence d'organes particuliers de cette sensibilité. Tout ce phénomène ne serait-il pas l'effet de la propriété conductrice modifiée?

Nous observons journellement que des secousses mécaniques produisent un stimulus violent, tant sur les nerfs du mouvement que sur ceux du sentiment, soit que cette secousse porte immédiatement sur les nerfs, soit qu'elle ne se propage jusqu'à eux que par des parties qui leur sont unies organiquement. Or, tout changement survenu dans ces parties intermédiaires, ne doit-il pas modifier la propagation des impressions, de même que les rayons sonores sont propagés avec plus de force dans le gaz oxygène que dans le gaz acide carbonique?

Ne pourrait-on pas croire que des parties dont la rigidité, dans l'état sain, s'oppose à tout ébran-

lement, se trouvent tellement modifiées par un état pathologique, ou par d'autres circonstances, que leur élasticité augmentée les rend alors aptes à propager le choc qu'elles ont reçu? J'emploie cette expression mécanique pour me faire entendre; car presque toute irritation des fibres musculaires ou nerveuses doit certainement se rapporter à des lois chimiques, à des modifications dans le mélange de la matière. La nature nous offre beaucoup de faits à l'appui de cette idée : le calorique libre, ainsi que celui qui est uni à un radical inconnu dans le fluide électrique, est un stimulus très-actif pour les organes excitables. Mais quelle différence n'observons-nous pas dans les degrés de force conductrice des diverses substances, pour l'électricité et pour le calorique? avec quelle promptitude cette force n'est-elle pas modifiée, à l'occasion des plus légers changements chimiques? Et où trouve-t-on, dans la nature morte, des changements aussi multipliés que ceux qui se renouvellent à chaque instant dans les substances animales? Elles varient sans cesse. Dans cette suite non interrompue de compositions et de décompositions, dans le passage continuel de l'état fluide à l'état solide, et dans le passage opposé, combien de fois la température n'est-elle pas

élevée et abaissée, et la combinaison de l'oxygène changée? Or, l'élévation de la température, et le dégagement du carbone, rendent les substances conductrices de l'électricité.

Nous observons, dans les expériences galvaniques, que le nerf *n*, fig. 51, entouré d'huile, n'est irrité par le métal *s*, que lorsque l'huile est convertie en savon par le mélange de quelques gouttes d'une dissolution alcaline; ce qui la rend apte à propager l'effet irritant. Dans l'agacement des dents, les acides végétaux n'agiraient-ils pas, avec l'influence de la vie, sur l'émail des dents, d'une manière analogue à celle dont l'alcali agit sur l'huile?

En considérant les choses sous ce point de vue, il n'est pas nécessaire, pour expliquer une sensibilité momentanée, de supposer dans la couronne des dents, ni dans des os devenus douloureux, des fibres nerveuses particulières. Les nerfs maxillaires de la cinquième paire, et en général les nerfs du périoste, et ceux qui pénètrent avec les artères dans les os *, me paraissent être les véritables organes de cette *caesthese*. L'étendue de leur sphère active et sensible est augmentée, lorsque les substances dont ils sont environnés

* Klint, *de nervis brachii*, 1785, §. 3.

acquièrent une force conductrice plus grande. D'ailleurs les particularités des phénomènes sympathiques, prouvent combien on doit peu compter sur le siège apparent des douleurs.

Des expériences directes attestent qu'un acide, même très-concentré, ne peut exalter l'incitabilité d'un nerf.

Je ferai voir par un grand nombre d'essais, à la fin de cet ouvrage, que les acides, lorsqu'ils ne sont pas suroxygenés, diminuent l'incitabilité des nerfs. Celle-ci est d'abord diminuée, et ensuite complétement détruite, ce qui paraît dû à un effet purement chimique. J'ai observé au contraire que les dissolutions alcalines sont les stimulants les plus puissants pour la fibre sensible, et qu'elles augmentent son incitabilité bien plus que ne le font l'oxyde d'arsenic et l'acide muriatique oxygène.

D'après cette observation, j'ai répandu sur l'émail de mes dents, du carbonate de potasse en déliquescence très-concentré. Je pensais que, s'il y avait des fibres nerveuses inconnues, leur sensibilité serait réveillée par ce moyen; mais les dents sont restées insensibles, et l'alcohol n'a pu mitiger l'agacement qui avait été causé pas les acides.

On objectera peut-être que des parties dif-

férentes peuvent obéir à des stimulants différents, et que les acides végétaux sont peut-être, pour ces nerfs inconnus, spécifiquement aussi excitants, que le sont les alcalis pour les autres nerfs. Je ne pourrais répondre à cette objection par des expériences directes. Mais, comme tous les organes des animaux à sang froid et à sang chaud sur lesquels j'ai fait des expériences, ont été affectés de la même manière par les alcalis et par les acides, je demande si l'on doit supposer ici des nerfs d'une nature aussi particulière, et si l'on ne pourrait y reconnaître les lois ordinaires du galvanisme.

Cette considération semble présenter des applications aussi importantes que peu connues pour l'explication de la vitalité. Les organes animaux sont, suivant les instants, plus ou moins affectés par les impressions des objets extérieurs; on n'attribue ordinairement cette diversité qu'à une de ces deux causes, au degré d'excitabilité des fibres, ou à celui de leur irritation. Mais n'y en a-t-il pas une troisième qui est aussi efficace? C'est la faculté dont la matière animale est douée de communiquer l'irritation aux nerfs. Le fluide électrique nous affecte plus, certains jours que d'autres; il nous fait souvent une vive impression, tandis que nous sommes insensibles à

d'autres stimulants. Ces différences dans la susceptibilité ne dépendraient-elles pas de changements dans la faculté conductrice de la substance animale? Le corps de l'homme, plus souple dans l'âge de l'adolescence, n'est-il pas pour cette raison plus excitable, plus fécond en phénomènes du mouvement et du sentiment, qu'il ne l'est dans la vieillesse, temps où la fibre est roide? Dans le premier cas, les impressions reçues sont communiquées plus vîte à un ou à plusieurs nerfs, tandis que dans le second il faut, pour ainsi dire, une secousse immédiate des organes des sensations.

Mais je reviens aux lois du galvanisme : j'ai déja observé la différence qu'il y a entre la faculté conductrice des substances animales, et celle des substances végétales. Du jambon cuit, du bœuf rôti, conservent leur faculté conductrice pendant cinq jours, et même étant entièrement desséchés, tandis que la feuille très-remplie de suc du *mesembryanthemum dolabriforme*, devient isolante dans la chaîne galvanique peu d'heures après avoir été séparée de la tige. En réfléchissant à cette propriété des substances animales, j'ai imaginé d'essayer si des champignons, dont la substance a beaucoup d'analogie avec celle des animaux, n'au-

raient pas une propriété conductrice approchant de celle de la chair musculaire.

J'ai fait, en conséquence, une suite d'essais dont les résultats ont vivement piqué mon attention. *Gehler*, dans son Dictionnaire de physique *, est le premier qui en ait parlé.

Toutes les espèces de champignons qui répandent, en se putréfiant, une odeur animale, fade, cadavéreuse, sont, dans la chaîne galvanique, des conducteurs aussi parfaits que les organes des animaux eux-mêmes. Les morilles surtout jouissent de cette propriété, et particulièrement les trois espèces que l'on mange (40), le *phallus esculentus*, l'*elvella mitra* et l'*elvella sulcata*, L.

Des bandes longues d'un pouce, coupées d'une de ces espèces de champignon, trois jours après avoir été arrachées du lieu où il végétait, sont de très-bons communicateurs entre les armatures des muscles et des nerfs. Il ne faut pas croire que cette faculté conductrice n'appartienne qu'aux morilles recueillies après une pluie, et qu'elles n'agissent que comme substances humides. J'ai fait sur cet objet quelques expé-

* Gehler, Dict. de physique, vol. 5, pag. 295; et ma première lettre à Blumenbach.

riences comparatives, d'après l'invitation de plusieurs physiciens.

La surface brune de l'*elvella mitra*, presque veloutée quand sa végétation est avancée, ayant été enlevée en la frottant sur de la laine ou sur du papier gris, son effet n'en fut point diminué.

Je découpai ce champignon en petits morceaux, que je chauffai modérément sur une tole placée sur le feu ; l'évaporation fut très-forte : je les interposai encore chauds entre l'armature du nerf et celle du muscle, leur faculté conductrice n'avait rien perdu de sa force. Ils n'étaient donc pas conducteurs à la manière de la toile mouillée ou des autres substances imbibées d'eau, mais à raison du mélange propre à leurs fibres, et de la nature presque animale de leur lymphe.

La propriété conductrice s'est manifestée encore plus sensiblement dans une autre expérience. J'ai coupé en deux la morille ordinaire ; *phallus esculentus* L. Une des moitiés a été conservée dans un endroit sec, l'autre a été mise dans de l'eau pure. Cette eau a bientôt pris une teinte jaunâtre, qui devint d'autant plus intense, que la substance fut plus dissoute et mieux lavée. Vingt-quatre heures après, je

retirai cette moitié de l'eau et je la fis sécher légèrement, de manière qu'elle fût encore un peu plus humide que n'était l'autre dans son état naturel. L'expérience fig. 1 réussit, en unissant l'armature du muscle à celle du nerf à l'aide de la dernière, mais non pas en employant la première. Par conséquent, la faculté conductrice de l'eau dont cette morille était imbibée, n'équivalait point à celle de la lymphe qui lui avait été enlevée par le lavage.

Les végétaux suivants ont une propriété analogue à celle des substances animales et des morilles, mais il s'en faut de beaucoup qu'ils l'aient au même degré : L'*agaricus campestris*, *A. clypeatus*, *A. stercorarius*, *A. cinamomeus*, Huds. *A. imperialis*, Batsh. *A. integer*, Wild. *A. goettingensis*, Humb. *Boletus bovinus*, Bannegart. *Boletus luteus*, *Clavaria coralloïdes*, *Clavaria fastigiata*, *Tremella arborea*, Husd. *Peziza agaricoïdes*, Humb. *Octospera lacera*, Wild ; et parmi les végétaux souterrains que j'ai découverts, l'*Agaricus acephalus*, Flor. fribergensis, n.° 163, l'*A. acheruntius*, n.° 129, et le *Boletus fodinalis*, n.° 191. La *Tremella arborea*, et la *Peziza agaricoïdes*, sont beaucoup moins bons conducteurs que leur nature muqueuse ne paraît l'annoncer.

Parmi les lichens, j'ai trouvé les tubercules du *Verrucaria baemices* et du *V. icmadophila* très-actifs. Mais toutes les espèces de champignons à fibres ligneuses et d'autres espèces dont la nature s'éloigne entièrement de celle des substances animales, ont paru constamment isolantes. Telles sont les suivantes : l'*Agar. flambelliformis*, *A. quernus*, Schrank. *A. alneus*, *A. decipiens*, Wild. *Agaricus cepaceus*, Humb. *Boletus lobatus*, *Thelephora mesenteriformis*, Wild. *Clavaria hypoxylon* : et parmi mes plantes souterraines, le *Boletus filamentosus*, Flor. friberg. le *Boletus paradoxus*, n.° 197, le *Boletus Browni*, n.° 194, ainsi que le *Ceratophora* (41) *fribergensis*, n.° 125.

Les expériences galvaniques avec des champignons, ne paraissent pas répandre peu de lumière sur la matière à laquelle ils doivent leur origine. Elles démontrent incontestablement, non-seulement que leurs principes éloignés sont analogues à ceux des animaux, mais encore que leur mixtion est exactement la même. Les essais chimiques que j'ai faits séparément sur des champignons et sur des morilles, s'accordent parfaitement avec ce que je viens de dire. En les distillant avec l'appareil pneumatique, on en obtient, comme des muscles, des ongles et des

cartilages, une eau qui se putréfie facilement, de l'ammoniaque, de l'acide carbonique et de l'huile empyreumatique.

L'*Agaricus campestris* contient, comme je l'ai déja démontré dans mes aphorismes, une plus grande quantité d'hydrogène que les *elvelles*; six gros de cet agaric m'ont donné 26,5 pouces cubes d'eau, et 8,5 de gaz acide carbonique. Il se rapproche, comme l'on voit, plus que les autres des substances végétales. Mais l'*Elvella mitra*, les morilles surtout, contiennent plus d'azote, comme le prouvent l'ammoniaque et l'huile empyreumatique qu'elles fournissent.

J'ai encore dégagé de l'azote de cet agaric, selon le procédé indiqué par *Fourcroy* *, en versant dessus, à une température de 12 à 14 degrés du thermomètre de Réaumur, de l'acide nitrique affaibli, qui, dans ce cas, ne se décompose pas, et en distillant ensuite le mélange.

Les morilles bouillies dans l'eau et épaissies, donnent une grande quantité de gelée, comme le prouve la qualité nutritive des tablettes pour les potages que les cuisiniers préparent avec cette substance. D'après les découvertes des chimistes français, la chair musculaire placée

---

* Annales de chimie, tom. 1, pag. 40.

dans de l'acide sulfurique affaibli, est convertie en graisse, et, placée dans l'acide nitrique, elle est changée en une masse semblable à de la cire.

Je suis actuellenent occupé à répéter la même expérience avec des morilles. Des quantités égales d'*Elvella mitra et sulcata* Wild. sont depuis treize jours dans de l'acide sulfurique et dans de l'acide nitrique affaibli ; les morilles ne se changent pas en une substance graisseuse : ce qui en avait été placé dans l'acide nitrique est moins onctueux que la graisse, et semble indiquer par son odeur, sa couleur et sa consistance, qu'avec le temps elles pourraient se changer en une matière analogue à la cire.

Les champignons se rapprochent même des animaux, par la sorte de respiration qu'ils présentent. Je crois avoir prouvé par des expériences (42), que les champignons exhalent comme les animaux, tant de jour que de nuit, des gaz non respirables, c'est-à-dire, un mélange de gaz hydrogène et de gaz acide carbonique, et que ce phénomène a lieu, non pas dans un état pathologique, mais dans toute la force de la végétation, et avant que le chapeau des champignons se détache de son enveloppe.

Une objection que j'ai entendu souvent répé-

ter, c'est que l'effet que produisent les morilles dans les expériences galvaniques et l'azote qu'elles contiennent en si grande quantité, et d'où dépend en grande partie leur qualité nutritive, doivent être moins attribués aux champignons eux-mêmes qu'à des animaux qui les habitent. Cette objection sera aisément résolue par tous les physiciens qui puisent leurs connaissances dans la nature même. Sans doute toute substance organisée est le domicile d'êtres animés particuliers; mais ces animaux parasites ne se rencontrent point toujours dans ces substances : dans l'eau de rivière fraîche, on découvre à peine les germes de ces mêmes animalcules (43) qu'on aperçoit dans l'eau entrée en putréfaction, et qui accélèrent même sa putréfaction. Si ces animaux se rencontraient entièrement formés dans toute espèce d'eau, son analyse nous fournirait autre chose que de l'oxygène et de l'hydrogène. Il en est de même des champignons.

J'ai examiné avec la plus grande attention, à l'aide d'un microscope grossissant 312481 fois les objets, des morilles et des champignons nouvellement cueillis; mais je puis certifier qu'à l'exception de quelques espèces de dermestes, on n'y découvre presque jamais de vers infusoires (44). Le *vibrio glutinis*, les

cyclides, les *bursaires*, ainsi que les *trichides* se rencontrent à la vérité dans les morilles pourries; mais celles-ci, mises en digestion avec de l'acide nitrique, ne donnent pas plus d'azote que les morilles fraîches. Les champignons ne sont par conséquent, ni des animaux, ni des enveloppes d'animaux *. Je ne saurais terminer cette matière, sans ajouter encore quelques réflexions qui se présentent à mon esprit. La substance de la morille ressemble assez, quant à sa composition, à la chair musculaire; mais quelle différence de forme et de structure entre la chair des animaux et la substance des morilles! Il faut plusieurs mois à la première pour se développer, tandis qu'une seule nuit, après une pluie d'orage, suffit souvent aux morilles pour se réunir en grandes masses (45). Nous supposons ordinairement que l'incitabilité ou la faculté de se contracter d'après un stimulus, est particulière à la substance animale; mais qu'on observe les champignons gélatineux, différentes espèces de bled, la substance de l'*hedysarum gyrans*, celle du *mimosa pudica*, et celle du *smithia sensitiva*; je suis très-éloigné de refuser aux autres une fibre

* Schrank's, Bayr. Flora. B. 1, pag. 568.

irritable, et je regarde même comme prouvé (46) qu'une infinité de mouvements organiques qui échappent à nos yeux, ont lieu dans leur intérieur; il est cependant frappant, que l'*hedysarum gyrans*, dont les mouvements sont absolument spontanés (47), et dont la mobilité surpasse celle de plusieurs espèces de vers marins, ne présente point jusqu'ici une autre mixtion, que celle que nous reconnaissons dans les choux et dans les navets.

CHAPITRE VII.

Table des substances conductrices du fluide galvanique. — Moyen de réunir les nerfs. — Il n'est pas nécessaire que l'organe vivant fasse immédiatement partie de la chaîne. — Longueur des conducteurs. — La fibre nerveuse vivante sert, comme les réactifs chimiques, à déterminer la nature de certaines substances. — Elle est anthracoscope. — Formes diverses des excitateurs, et contractions qu'ils occasionnent. L'irritation se continue-t-elle pendant tout le temps que la chaîne reste fermée? — Double chaîne. — Ce qui se passe dans les substances conductrices. — Ligatures des nerfs et des artères. — Dilacération et section complète des nerfs. — Preuves de l'existence d'une atmosphère irritable et sensible. — Comment elle disparaît avec la vitalité. — Application physiologique et pathologique à la théorie du toucher, du goût, à la reproduction des nerfs, et à plusieurs phénomènes des sympathies.

J'ai traité, dans le chapitre précédent, des substances simples et composées qui produisent

des phénomènes galvaniques, étant mises en contact avec des organes excitables. Comme l'énumération de ces substances a été interrompue par des observations sur leur nature et sur leur mélange, je les représente ici sous forme de table.

Parmi les substances isolantes, le *verre échauffé* et la *flamme* méritent surtout l'attention du lecteur, parce qu'ils paraissent d'une très-grande importance dans les recherches sur la nature du fluide galvanique, ou plutôt sur la cause matérielle de l'irritation métallique. Je réserve la description des expériences que j'ai entreprises pour parvenir à la connaissance de cette cause, pour le moment où je m'occuperai de la réfutation des théories électriques appliquées au galvanisme.

TABLE des substances conductrices et des substances isolantes du fluide galvanique.

SUBSTANCES actives dans la chaîne galvanique, excitatrices et conductrices de l'électricité animale.	*SUBSTANCES inactives et isolantes dans la chaîne.*
Tous les métaux à l'état de régule.	Les métaux oxydés.
	Les sulfures métalli-

Les sulfures métalliques, et les minéraux contenant des métaux non-oxydés.
Le charbon végétal.
Le charbon minéral.
Le graphit.
La bleude charbonée.
La pierre de Lydie de Naïla.
Le schiste alumineux.
Le schiste inflammable.
La manganèse grise et noire.
La chair musculaire, les membranes, les nerfs, les ligaments et les vaisseaux des animaux frais ou cuits, rôtis ou desséchés.
Les morilles et les champignons exhalant, dans l'état de putréfaction, une odeur cadavéreuse.
Le blanc d'œuf.
L'eau, le sang, le suc des plantes.
Les parties de végétaux contenant du tissu cellulaire frais, mais dépouillées de l'épiderme.
L'esprit de vin.
Le vin, la bière.

ques, et les minéraux contenant des métaux oxydés et diversement colorés.
Toutes les espèces de gaz.
Les os des animaux dans l'état naturel.
Les poils des animaux.
Les feuilles et les tiges des plantes recouvertes de leur épiderme.
Les fibres du bois.
Le verre, même chauffé.
Le succin.
Le blanc d'œuf durci.
La cire.
Tous les sels secs, et les substances dépourvues de carbone.
L'huile.
Les raisins.
Les gommes.
La flamme.
Le vide.

Les acides, les dissolutions alcalines.

Le savon nouvellement préparé, mou.

Les dents agacées par des acides.

Les phénomènes galvaniques ont lieu, non-seulement lorsque les substances conductrices indiquées dans la table précédente, unissent les armatures des nerfs et des muscles, mais même lorsque le nerf armé est coupé en deux, fig 54, et que ses parties sont réunies au moyen de métaux, de morilles et de charbon, *r*, *s*, *t*. J'ai irrité de cette manière des portions de nerfs dans des animaux à sang chaud et à sang froid, en réunissant des parties de ces animaux placées à une distance assez grande.

Ces expériences n'auraient rien de surprenant si les substances hétérogènes *n*, *r*, *s*, *t*, étaient de même espèce; elles se rapporteraient à l'expérience fig. 47, où le nerf se trouve armé médiatement *, et si, pour exciter des contractions, il était nécessaire que la pince *p* touchât le mus- ou le nerf uni organiquement avec lui, d'une de ses branches *a*. Mais des essais plusieurs fois

* Pfaff, l. c. pag. 164-228.

répétés m'ont démontré, à mon grand étonnement, que cette condition n'est indispensable que dans les cas de moindre incitabilité ; et que, lorsque l'incitabilité est exaltée, les contractions ont lieu, la branche de la pince *o*, fig. 54, étant mise en contact avec *s*, et au moyen des substances conductrices *n*, *r*, *s*, *t*.

Plus haut, à l'occasion de l'expérience fig. 51, où le nerf crural est en contact médiat avec le zinc au moyen de savon nouvellement préparé, j'ai déja fixé l'attention du lecteur sur cet objet. C'est pourquoi je ne citerai ici qu'une seule expérience, que je regarde comme très-intéressante. J'avais établi communication entre le nerf axillaire d'une souris, fig. 47, et le zinc *q*, au moyen d'un cœur de grenouille ; l'organe était peu sensible, et le galvanisme ne réussissait que lorsque je posais *o* sur le muscle, ou sur le nerf qui s'y distribue ; mais il ne réussissait pas quand *o* ne touchait que le cœur de grenouille *f*.

Déterminé par mes expériences précédentes, je plongeai un pinceau dans une dissolution alcaline, et je fis tomber quelques gouttes de cette dissolution, sur l'insertion du nerf dans le muscle, mais sans déranger, en aucune manière, le reste de l'appareil. Je ne fis ensuite que toucher *f* avec la

branche *o*, et immédiatement après les convulsions eurent lieu.

L'irritation réussit de cette manière, pendant deux ou trois minutes, après lesquelles les contractions s'affaiblirent de plus en plus, et enfin elles n'eurent lieu qu'en remplissant la condition qui était précédemment nécessaire, c'est-à-dire, en mettant *o* en contact immédiat avec le nerf.

Je fis des expériences semblables sur plusieurs cuisses de grenouilles, dont je posai le nerf crural sur *f*. Les plus vives se contractaient dans l'état naturel de leur incitabilité; aussitôt que j'approchais la pince en *f*; les moins vives ne purent être stimulées qu'en employant de l'oxyde d'arsenic, ou une dissolution alcaline, ou de l'acide muriatique oxygéné; et, dans ces dernières, le stimulus fut entièrement détruit par quelques gouttes d'alcohol; l'incitabilité qu'on leur avait donnée artificiellement, leur fut donc enlevée de même. L'alcohol rendit à l'instant nécessaire le contact immédiat du nerf avec la branche *o* de la pince, et il détruisit bientôt jusqu'à la moindre trace d'irritabilité. Auparavant la formule $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{H\ P}\ p}$, était positive comme celle $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{H\ P}\ p}$.

L'expérience fig. 51, réussit sans que les or-

ganes vivants fassent immédiatement partie de la chaîne galvanique; je ne crois pas que ce fait ait déja été observé, il est cependant d'une grande importance, relativement aux théories électriques qui ont été appliquées au galvanisme. Il a beaucoup de rapport avec les expériences faites sans établir de chaîne, fig. 9 et 13, qui ont été décrites dans le troisième chapitre. Lorsque *f* fig. 47, exprime un métal au lieu de chair musculaire, on peut le considérer comme ne formant qu'un tout avec l'armature *q*, et les formules *Nerf* P P *p*, et *Nerf* P P, sont parfaitement synonymes. On voit ainsi que ce phénomène s'enchaîne avec les autres, et que, quoiqu'il paraisse d'abord isolé, il se classe bientôt dans la série des faits observés.

Dans les expériences fig. 47, 51 et 54, où le nerf est armé médiatement, la distance de l'armature à l'organe animal, ne paraît pas être indifférente. Dans les individus les moins vifs, les contractions diminuent quand cette distance augmente, et elle paraît restreinte dans certaines bornes, au-delà desquelles les contractions cessent entièrement, quelque parfait que soit d'ailleurs le conducteur. Il n'en est pas de même lorsque les armatures sont immédiatement appliquées au nerf et au muscle; dans ce cas,

la longueur du conducteur ne paraît point être limitée. *Valli** s'est servi de conducteurs de 200 pieds; *Aldini*** a disposé des cordes de chanvre humides très-longues, autour de sa maison à Bologne, et les expériences ont ainsi parfaitement réussi. On pourrait se servir, comme dans les expériences électriques de *Jallabert*, de *Sigaud-Lafond*, de *Monnier*, de *Winckler* et de *Watson*, de conducteurs de 19200 pieds de long, et même augmenter prodigieusement cet aperçu, en se servant, par exemple, des rivières comme conducteurs.

Je fis une expérience d'essai en établissant communication entre l'armature du muscle et celle du nerf d'une grenouille, avec un fil de fer de 45 pieds de long, qui était coupé en plusieurs parties, et plongé par ses extrémités dans des vases remplis d'eau.

En employant des conducteurs encore plus longs, il ne m'a jamais été possible de remarquer d'intervalle entre l'instant où le muscle se contracte, et celui où le contact du conducteur a lieu (47); le muscle et le nerf étant même éloignés l'un de l'autre de 200 ou 300 pieds; or,

---

* Valli, l. c. pag. 158.

** Aldini, Diss. *De animali electricitate*, pag. 31.

comme je distingue très-bien la quatrième partie d'une seconde, ce phénomène annonce une vîtesse de 1200 pieds par seconde; au reste, je présente ce calcul sans conséquence, car l'effet serait le même, quand même les conducteurs auraient 10000 pieds, ou 20000 pieds de long; ainsi *Haller* attribuait * au fluide nerveux, une vîtesse suffisante pour qu'il parcourût 9000 pieds par seconde; *Sauvages*, une de 32400 pieds dans le même temps, et l'auteur des *Essais sur le mécanisme des muscles*, 576000 millions de pieds, (24 millions de milles) par seconde. La différence que l'on observe entre ces calculs, dépend des diverses sortes d'expériences sur lesquelles ils sont fondés.

L'examen des substances conductrices conduit naturellement à penser que les expériences galvaniques doivent, de même que l'analyse chimique, nous procurer des éclaircissements sur la nature et sur le mélange de la matière.

On savait depuis longtemps, qu'un nerf divisé agit comme un hygromètre vivant (48). On connaissait l'impression vive qu'éprouvent des personnes très-sensibles lorsqu'il s'opère des changements dans la température de l'atmos-

* Physiologie, vol. 4, pag. 586.

phère, ou à l'approche d'un orage, par conséquent on n'ignorait pas que notre corps agit comme un thermomètre et comme un électromètre.

Si nous faisons attention aux organes des sens de certains individus, par exemple, à la langue d'un gourmet, au nez d'un chien (49), nous voyons que ces organes indiquent, dans la nature des substances, des différences que l'analyse chimique ne peut faire saisir. Les expériences galvaniques nous offrent un phénomène, qu'on aurait regardé, il y a six ans, comme une chimère : un nerf uni organiquement avec quelques lignes cubes de chair musculaire, indique si deux métaux sont homogènes ou hétérogènes, s'ils sont à l'état de régule pur ou s'ils sont oxydés ; il indique si la coloration d'un minéral dépend du carbone ou d'une oxydation.

L'alliage des monnaies est facile à déterminer par ce moyen. Deux anciens louis, ou deux pièces d'or de la république, servant d'armatures à des muscles et à des nerfs dans des animaux affoiblis, ne produisent presque aucune irritation ; il en est de même des nouveaux frédérics d'or de Prusse. Mais il en est autrement des anciens louis neufs ; ceux-ci sont presque aussi efficaces dans les expériences galvaniques, que les armatures de zinc ou d'argent. La fibre ner-

veuse vivante indique, si une mine contient un métal à l'état de régule ou d'oxyde, si une galène contient un sulfure ou un sulfate de plomb, si une substance organisée se rapproche de la nature animale quand même elle en différerait entièrement par la forme et par la structure, comme l'*elvela mitra*. Elle est, comme mes expériences sur la pierre de Lydie et sur la blende charbonée le prouvent, un *anthracoscope* * vivant, un moyen de découvrir le carbone, presque aussi sûr que l'action du feu et celle des alcalis. Mais cet *anthracoscope* a le défaut de tous les moyens de ce genre, d'indiquer en même temps plusieurs autres substances qui ne sont pas du carbone, et même de ne pas annoncer quelquefois ce principe dans les endroits où il se trouve en certaine quantité; comme il arrive que l'hygromètre indique une sécheresse absolue, où il existe une grande quantité d'eau; ou plutôt, on dit que l'hygromètre annonce l'absence totale de l'eau, tandis qu'il n'indique que l'absence de l'eau suspendue mécaniquement dans l'atmosphère.

* V. mon mémoire sur un nouvel anthracoscope, dans les Annales de chimie de Crell, année 1795, vol. 2e.

Non-seulement la situation respective des corps conducteurs dans la chaîne galvanique, la nature et les proportions des principes qui les constituent ont la plus grande influence sur les effets qu'ils produisent, mais il en est de même de leur forme extérieure. Les physiologistes * d'Italie, conduits par l'analogie qu'ils croyaient exister entre le galvanisme et l'électricité, avaient, depuis longtemps, dirigé leur attention sur cet objet; *Pfaff* ** en a fait aussi mention. Je me contenterai, par conséquent, d'indiquer ici une seule expérience.

Deux pièces d'or *a* et *b*, fig. 55, dont l'une servait d'armature au nerf, furent unies par le moyen d'un petit barreau d'acier très-poli. Tant que ce barreau toucha les pièces d'or par sa face plate, la communication établie entre *b* et la cuisse, au moyen du plomb *c*, ne produisit aucun mouvement dans le muscle; mais en posant le bord tranchant de ce morceau d'acier sur *a* et *b*, fig. 56, le conducteur devint extrêmement efficace, il s'en suivit pendant longtemps des contractions très-violentes.

Nous venons de voir que le contact des ar-

---

* Aldini, l. c. pag. 41.

** Pfaff, id. pag. 231.

matures par des bords aigus, augmente leur effet sur les animaux faibles; une secousse légère favorise aussi cet effet, mais elle n'est pas indispensable pour produire les phénomènes galvaniques, non plus que le contact immédiat de deux métaux, quoique plusieurs auteurs aient avancé cette assertion.

Je me suis convaincu de sa fausseté par une suite d'expériences faites avec tout le soin possible, et décrites au commencement du chapitre IV; les appareils, fig. 1, 23, 24, 26 et 43, dans lesquels il n'y a aucun contact entre deux métaux, occasionnent des contractions dans les organes doués d'un haut degré d'excitabilité. J'ai même observé qu'il était tout-à-fait indifférent que les substances humides qui séparent les métaux fussent très-minces, ou qu'elles eussent un pouce d'épaisseur. La secousse et le contact immédiat des armatures métalliques ne sont donc pas nécessaires, lorsque l'excitabilité est élevée.

Quand des morceaux de chair musculaire sont interposés entre des métaux, comme dans la fig. 43, la nature des parties qui forment le conducteur s'oppose certainement à ce qu'une secousse, qui pourrait être produite en fermant la chaîne en *n*, soit propagée jusqu'en *s* et en *t*.

On ne peut soupçonner qu'il y ait secousse, le morceau de chair musculaire *s* fig. 2, étant approché doucement de *x* et de *y*.

L'expérience fig. 57, est encore plus convaincante ; car, une cuisse de grenouille très-vive s'est contractée au moment où j'ai placé l'extrémité *e* de l'armature *q* du muscle dans la ligne humide *r s*, qui venait de l'armature *p* du nerf.

Je pourrais alléguer encore l'expérience plus délicate fig. 37, dans laquelle le conducteur du muscle ne touche que l'atmosphère sensible de la substance animale *n*. Mais un scepticisme outré portera peut-être à objecter que la secousse n'est qu'une sorte de mouvement, qu'on ne peut concevoir de phénomènes sans mouvement, et que, même fig. 37, il est possible que les parties extrêmement ténues formant l'atmosphère sensible, propagent le mouvement qui leur est communiqué par *a* jusqu'à *n*.

Dans l'état d'incitabilité moindre, de légères secousses peuvent favoriser, de deux manières, les expériences galvaniques, ou en produisant un choc entre les armatures, ou en ne faisant éprouver le choc qu'à la substance animale. Le premier cas est bien connu, mais le dernier a été peu observé.

Je plaçai la plaque d'argent *c*, fig. 28, sur l'ar-

mature du nerf *a'*, qui était de zinc, je posai sur *c* de la chair musculaire *b'*; et, au lieu du communicateur *k*, j'employai une bande longue et étroite de jambon cuit, dont un bout posait sur *b*, et dont je soutenais l'autre avec une pince. En portant ce morceau de jambon très-légèrement sur la cuisse de grenouille *l*, déja affaiblie, il n'y eut aucune irritation; mais en le laissant tomber sur *l*, à peu près de la hauteur d'une ligne, il s'en suivit des contractions très-manifestes. Il ne faut pas objecter qu'il y a eu, dans cette expérience, une secousse en *b*; car, en posant ce morceau de jambon sur *l*, et en le laissant tomber de quatre lignes de hauteur sur *b*, tout resta dans un repos parfait; et ce repos ne fut pas détruit lorsque, pressant doucement le conducteur sur *l*, je laissai tomber, tout près de *l*, un métal qui ne faisait pas partie de la chaîne.

Le phénomène que je viens de rapporter tient donc essentiellement au galvanisme, et il n'est pas dû à la propriété qu'ont les corps vivans *, d'être irrités par des agens mécaniques.

L'irritation se prolonge-t-elle tant que dure la chaîne formée par les armatures et par les organes animaux, ou son effet se borne-t-il au

* Reil et Gauthier, Diss. *De irritabilitate*, pag. 7.

moment où la chaîne est établie *? Cette question est moins facile à résoudre qu'on ne le croirait d'abord.

S'il ne s'agit pas de l'irritation même, mais de son résultat, et du stimulus qu'elle produit, nous manquons des données nécessaires pour décider la question. La cause matérielle qui occasionne les contractions à l'instant où on complète la chaîne galvanique, peut continuer d'agir longtemps après que les contractions ont cessé. Peut-être que se maintenant ensuite avec une égale force, elle ne produit plus de contractions, parce qu'elle excite une irritation habituelle. Lorsque nous entrons dans l'atmosphère exhalante d'une fleur, l'organe de l'odorat en est agréablement irrité; si nous y restons pendant quelque temps, la sensation cesse, ou du moins s'affaiblit beaucoup, quoique la fleur continue de répandre son émanation (50). Ainsi, la cause des phénomènes galvaniques, en se prolongeant encore après le contact des armatures, mais à un degré plus faible, il est dans la nature de la fibre irritable qu'elle n'obéisse point à ce moindre stimulant. Lorsque la langue vient d'être humectée

* Pfaff, l. c. pag. 26, 27 et 207.

avec du vinaigre concentré, du vinaigre affaibli n'y fait pas d'impression. Je crois en conséquence, que l'absence de l'irritation n'est pas ici une preuve suffisante de celle de la cause irritante (51).

Mais si l'on demande, si les mouvements musculaires et les sensations que le galvanisme produit, se prolongent après que la chaîne a été fermée, je crois pouvoir répondre affirmativement, d'après des expériences que j'ai faites à ce sujet.

On opposait, avec raison, aux expériences de *Volta* sur la langue, qui attestent la durée de la sensation du goût, qu'il est impossible de fixer un organe aussi mobile, et qu'au moment où nous le croyons dans un repos parfait, le moindre changement de position dans les papilles, sous l'armature, peut offrir de nouveaux points de contact, et, par conséquent, de nouvelles irritations. En outre, le contact d'armatures appliquées sur la langue et sur les gencives, ne produit qu'une fois le phénomène de l'éclair ; et le contact d'un conducteur avec la cuisse d'une grenouille, n'y produit qu'une seule contraction. Il me semblait, d'après ces considérations, que la durée de l'irritation était restreinte aux premiers moments du contact ;

mais de nouvelles expériences m'ont prouvé le contraire.

Pour y mettre toute l'exactitude nécessaire, je me suis fait appliquer deux vésicatoires sur le dos. L'une des plaies fut armée avec une grande médaille d'argent, et la communication fut établie entre les deux plaies, avec du zinc. Après un seul contact, les muscles de l'épaule et du col se contractèrent alternativement, et j'éprouvai une forte cuisson. Aussitôt que la vésicule formée par le vésicatoire fut ouverte, je distinguai très-bien trois ou quatre coups simples *. Souvent, deux de ces coups ne se faisaient sentir qu'après que le zinc avait été posé, pendant quelque temps, sur la peau mise à nu.

Au reste, la force de ce phénomène dépend du degré d'incitabilité des organes; car les plaies ayant été exposées à l'air pendant une demi-heure, et le réseau de *Malpighi* étant durci, un seul contact ne produisit plus qu'une seule contraction.

Ayant répandu sous une armature quelques gouttes d'une dissolution alcaline, l'incitabilité des organes en fut aussitôt augmentée considé-

* V. ma première lettre à Blumenbach. Journal de Gren, vol. 2, pag. 119.

rablement; les douleurs devinrent très-violentes, et je sentis en même temps les contractions renaître et se succéder trois ou quatre fois de suite. Elles ne durèrent qu'une ou deux secondes; mais la cuisson se prolongea sans interruption, et au même degré, tant que les armatures restèrent en contact.

La largeur de la surface couverte par les métaux, la situation horizontale qu'on leur avait donnée, et le peu de mobilité des muscles du dos, sont autant de raisons qui empêchent de soupçonner qu'il y ait eu, dans la chaîne galvanique, une interruption imperceptible suivie de son rétablissement.

Lorsque, dans le cas ordinaire, deux métaux *t* et *r*, fig. 8, sont mis en contact avec un organe animal incitable *v*, une communication établie entre *t* et *v*, par un autre conducteur *s* homogène à *r*, ne produit aucun mouvement musculaire. La chaîne galvanique ne peut donc être fermée qu'une seule fois efficacement (52), par des substances homogènes.

Mais si le conducteur *s* est d'une substance différente du conducteur *r*, le succès dépend de la force relative, ou de la prépondérance des excitateurs.

Si, par exemple, *r* mis le premier en con-

tact avec l'armature *t*, est plus efficace que *s* qui est mis ensuite en contact avec elle : le dernier ne produira pas d'irritation ; au contraire, j'ai presque toujours observé une nouvelle irritation lorsque *s* et *t* possédaient ensemble la propriété excitante à un plus haut degré que *r* et *t*.

Dans l'expérience fig. 2, il y eut des mouvements musculaires, lorsque je poussai doucement *z* contre *x* et *y* ; il y en eut de nouveaux, lorsqu'ayant appliqué un morceau de zinc au muscle et un morceau d'argent au nerf, ces deux métaux se touchèrent, *x*, *z* et *y* restant en contact ; ce qui est dû à ce que les substances métalliques sont plus efficaces que les substances animales.

Si, la communication au moyen des métaux subsistant toujours, la chaîne *y z x* est fermée et rompue alternativement, il n'en résulte aucun nouveau mouvement musculaire.

J'ai déja examiné, dans l'introduction de cet ouvrage, ce qui se passe pendant l'irritation, dans les substances conductrices qui forment la chaîne galvanique; mais alors il n'était question que des effets secondaires sur les substances inanimées. Il s'agit à présent de substances animées, susceptibles d'irritation, et placées dans le conducteur, comme *x*, *y* et *z*, fig. 2, *m* et *n*,

fig. 44. Cette circonstance, dont l'examen exige une suite d'essais très-délicats et très-compliqués, semble promettre de grands éclaircissements sur la nature du galvanisme.

L'expérience très-connue, qui consiste à faire passer le fluide galvanique dont l'existence est supposée, par une suite de personnes qui se tiennent par la main, sans qu'elles éprouvent la moindre sensation (53), avait porté presque tous les physiologistes à penser que l'irritation métallique n'agit que sur les organes, auxquels les armatures sont appliquées immédiatement.

Cette erreur, due à une trop grande précipitation, n'avait point échappé à la sagacité de *Volta*. Il s'exprime ainsi, dans sa première lettre à *Vassali* *: « Il faut isoler quatre personnes, « ou même davantage, et les mettre en com- « munication, de façon qu'une d'entre elles « touche avec son doigt la pointe de la langue « d'une autre, et que celle-ci touche de même « la prunelle de son voisin : si deux autres « tiennent, entre leurs doigts humectés, une « grenouille nouvellement préparée, l'une par « les cuisses, l'autre par le dos, et si la première

* Journal de physique de Gren, 1795, 2 B. pag 143.

« personne de la ligne prenant alors dans sa « main nue et humectée, une plaque de zinc, « et la dernière une plaque d'argent, elles les « mettent dans un contact immédiat : dès que « ce contact aura lieu, il se fera sentir, sur la « langue touchée par la personne qui tient du « zinc dans sa main, une saveur acide, l'œil « touché d'une autre apercevra une lueur; en « même temps les cuisses de la grenouille, « tenues dans les mains, éprouveront des con- « tractions violentes. Dans ce cas, le fluide élec- « trique parcourt donc toute l'étendue de la « chaîne. Mais pourquoi les personnes n'éprou- « vent-elles aucune secousse dans les bras? Il est « facile de répondre à cette question : le courant « électrique n'est pas assez fort pour produire « cet effet, mais il l'est assez pour exciter des « nerfs très-sensibles, comme ceux des or- « ganes du goût, de la vue, et les nerfs cru- « raux d'une grenouille, tous placés dans le « courant électrique pendant l'expérience. »

Volta croit, par conséquent, que dans l'expérience fig. 47, le fluide galvanique est aussi excitant en *f* qu'en *r*, et que si *f* n'éprouve pas la même irritation que *r*, on ne doit l'attribuer qu'à la moindre incitabilité de ses fibres.

Une suite d'expériences délicates me porte à

croire qu'ici, comme dans presque toutes les discussions de cette espèce, la vérité se rencontre entre les opinions très-opposées de *Volta* et de ses adversaires. Il me paraît (54) qu'un fluide inconnu, parcourt sans doute toutes les parties de la chaîne galvanique ; mais que sa propriété excitante se manifeste plus fortement sur les organes qui sont armés immédiatement, que sur ceux qui sont éloignés des armatures, quand même ces organes seraient également excitables.

Les observations suivantes contribuent à appuyer cette idée.

Je détachai les deux cuisses d'une grenouille qui avait été tuée auparavant (55). L'incitabilité de l'animal était très-faible. J'armai le nerf crural *a* fig. 58, de la cuisse droite, avec le zinc *m*, et j'unis le nerf crural *b* de la cuisse gauche, avec *m*, par le moyen de *a*. Dans ce cas, le muscle auquel le nerf *a* se distribue, n'éprouva aucune secousse. J'exaltai l'incitabilité de ce nerf, par une goutte de dissolution alcaline, et les contractions se manifestèrent alors.

J'ai observé souvent la même chose sur des animaux qui avaient un haut degré d'excitabilité naturelle. Le succès dépend uniquement

de l'incitabilité de *a;* car, lorsqu'il est l'organe le plus vif, et *b* l'organe le plus faible, les mouvements musculaires n'ont pas lieu dans la partie armée si l'on met *b* à la place de *a*, et si l'on réunit *a* et *m*, au moyen d'un communicateur.

Je m'étais fait appliquer un vésicatoire sur chacun des muscles deltoïdes. Une cuisse de grenouille préparée fut posée sur la plaie du côté gauche. La plaie du côté droit était couverte avec du zinc ; la cuisse présenta des sautillements aussitôt qu'un fil d'argent établit communication entre elle et le zinc. Ma peau, en partie dénudée, était donc ainsi conductrice du fluide galvanique, sous l'épiderme. Cette membrane, dans cette circonstance, formait une espèce de pont entre les deux plaies. Je ne sentis, de cette manière, ni pulsation, ni cuisson, et il n'y eut dans mes muscles aucun mouvement visible ; on ne put même pas en déterminer, en humectant les plaies avec de l'acide muriatique oxygené.

L'expérience suivante m'a donné un résultat plus satisfaisant. Le nerf crural *r*, fig. 47, d'une grenouille aquatique, fut mis en communication avec l'armature *q*, au moyen d'un cœur palpitant *f*: ses battements étaient très-lents ; il y en

avait à peine six ou huit par minute. Lorsque le communicateur *p* touchait le zinc *q* et le nerf *r*, il n'y avait aucun changement dans les battements du cœur. Je lui communiquai un choc modéré avec la bouteille électrique. Il en résulta l'effet que j'en attendais; les battements du cœur allèrent jusqu'à quatorze par minute; ils étaient aussi plus forts et plus prolongés qu'auparavant. Je rétablis alors la communication entre *r* et *q*, et je remarquai, avec le plus grand plaisir, qu'au moment du contact, le cœur battait extraordinairement fort. Mais ce qu'il y eut de plus étonnant, c'est que plusieurs heures après, les pulsations se succédèrent encore bien plus rapidement. En irritant *r*, j'ai produit jusqu'à dix-neuf pulsations par minute.

Dans ces essais, la chaîne resta toujours la même. Il n'y eut d'augmenté que l'incitabilité de l'organe conducteur; il est, par conséquent, naturel de penser que, quoique *a*, fig. 58, ne présentât pas de contractions, le fluide galvanique agissait cependant, en passant par *b*, comme stimulant; mais non pas au degré qu'exigeait la faible incitabilité de *a*. De plus, pour que *a* et *b* puissent éprouver des contractions, en unissant *b* et *m*, à l'aide d'un métal, il est nécessaire que *a* soit plus incitable que *b*;

et il en résulte, contre la théorie de *Volta*, que le stimulus est plus fort dans les parties extérieures à la chaîne, que dans ses parties intérieures.

De combien de circonstances compliquées ne dépendent donc pas les phénomènes galvaniques, qu'on avait regardés comme si simples?

Les nerfs (56) qui se distribuent aux muscles, sont rarement, dans le corps sain, à un degré d'excitabilité suffisant pour être affectés sensiblement par le fluide galvanique; les nerfs des organes des sens sont, au contraire, doués d'une si grande sensibilité, qu'ils éprouvent l'irritation, dans tous les cas sans exception. Qu'on se rappelle l'expérience remarquable rapportée dans ma troisième lettre à *Blumenbach* *.

Une plaie large de deux pouces à mon épaule droite étant armée avec du zinc, une plaie semblable à mon épaule gauche l'étant avec de l'argent, un fil de fer en contact avec le zinc me passait dans la bouche, entre la lèvre supérieure et les dents, et portait sur la langue d'une autre personne : dès que le fil de fer fut en contact avec l'argent, on vit mon muscle trapèze se contracter avec beaucoup d'énergie,

* Blumenbach, l. c. pag. 168.

j'éprouvai une cuisson et une pulsation douloureuse dans l'épaule; j'aperçus devant mes yeux une lueur comme un éclair, et l'autre personne éprouvait sur la langue une saveur aigre. Tous ces phénomènes eurent lieu au même moment, quoique le fil de communication eût une longueur considérable.

Mais il était intéressant de déterminer s'il n'y a qu'un stimulant émané du corps humain, qui soit apte à irriter les organes de l'homme. Or, si ayant armé le nerf et le muscle d'une grenouille aquatique, avec des métaux hétérogènes, on les unit ensuite au moyen d'un fil de fer qu'on fait passer sur la langue, on n'éprouve pas de saveur aigre, quelqu'exaltée que soit l'incitabilité de l'animal.

Le résultat de cette expérience est différent, lorsqu'on approche la langue très-près des organes; que le nerf crural d'une grenouille soit armé de zinc, et qu'on établisse communication entre ce métal et la langue avec un fil d'argent, toutes les fois que la pointe de la langue touchera les muscles de la cuisse de la grenouille, les contractions et la saveur aigre se manifesteront au même moment. C'est ce qui arrive aussi lorsque la langue est placée en *a*, fig. 1.

En rapprochant ces expériences de celles faites

sur mes épaules, il s'ensuit qu'un stimulus provenant des nerfs d'animaux à sang froid, peut irriter ceux d'animaux à sang chaud; mais que l'irritation suit des lois différentes, selon la nature des organes dont la chaîne est composée.

Comme la mobilité des muscles cesse à l'instant par la ligature des nerfs et des artères qui s'y distribuent, et que cette inactivité subsiste tant qu'on laisse la ligature, il était naturel que les physiologistes imaginassent de soumettre au galvanisme les muscles dans cet état. Les nombreux essais tentés sur cet objet, et publiés par plusieurs auteurs, n'avaient encore offert que des résultats contradictoires, quand *Valli* * découvrit la condition essentielle au succès des expériences de ce genre. Celles que j'ai faites sur des animaux à sang froid et sur des animaux à sang chaud, m'ont conduites à considérer le principe suivant comme constant; la ligature n'interrompt point les effets galvaniques, toutes les fois que la portion de nerf comprise entre elle et le muscle est environnée d'un corps isolant. Ainsi, après avoir appliqué une ligature vers le milieu *c* du nerf *a b*, fig. 59, si l'on porte le

* V. les recherches de Valli continuées par Pfaff, l. c. pag. 31, 210, 225.

communicateur entre *c* et *a*, et entre *c* et *b*, il n'y a aucun mouvement musculaire dans le premier cas; mais dans le second, les mouvements ont lieu avec autant de rapidité que s'il n'y avait pas de ligature.

Les phénomènes sont les mêmes, si l'on applique plusieurs ligatures au nerf en *c*.

Mais si l'on place la ligature à l'insertion *b* du nerf dans le muscle, les contractions n'ont plus lieu, de quelque manière que l'on galvanise la cuisse.

Le repos s'observe encore si, laissant la ligature en *c*, fig. 60, on replie la partie du nerf *c b*, de manière que la chair musculaire se trouve en contact avec le nerf jusqu'en *c*.

L'immobilité a lieu dans un cas encore plus simple. La ligature restant en *c*, fig. 59, à plus de quatre lignes du muscle, les contractions qui avaient lieu d'abord lorsqu'un fil d'argent établissait communication entre la cuisse et l'armature du nerf qui était de zinc, cessèrent aussitôt que j'eus recouvert la portion de nerf *c b*, avec la substance d'un foie de grenouille frais, parce qu'elle se trouvait alors à l'abri du contact de l'air atmosphérique, et environné d'une substance conductrice.

Tous les physiciens que j'ai consultés sur les

causes auxquelles on peut attribuer ce phénomène, le rapportent à celles de l'adduction, qui ont été très-bien développées par *Pfaff* *.

Comme l'expérience nous apprend qu'ordinairement, fig. 8, les contractions sont d'autant plus faibles que la portion du nerf mise à découvert et exposée à l'air, est plus courte, on pourrait imaginer que le nerf déja affaibli par la ligature, perd par la substance qui environnait *c b*, fig. 59, ou par la chair musculaire, ce qui lui reste d'énergie ; mais cette conjecture est sans fondement.

Tant que *a b* est dans un milieu isolant, par exemple dans l'air, la ligature n'affaiblit l'effet en aucune manière, et la pince d'argent excite des contractions également vives, avant et après l'application de cette ligature.

Lorsqu'on enveloppe le nerf crural, fig. 8, jusqu'au zinc, avec la substance musculaire que l'on a fendue, les mouvements ne cessent à l'instant que dans des animaux extrêmement affaiblis ; ils cessent peu-à-peu dans ceux qui sont plus vifs : mais il n'en est pas ainsi lorsqu'on a appliqué une ligature au nerf, car les organes étant même au plus haut degré d'incitabilité, les

* Pfaff, l. c. pag. 15.

contractions disparaissent à l'instant où l'intervalle *a b*, fig. 59, est environné d'une substance conductrice. Il faut, par conséquent, que la ligature ait une influence particulière sur les effets galvaniques.

J'ai encore observé, dans ce cas, une circonstance importante. La distance de l'armature à la ligature, n'est pas toujours indifférente pour le succès de l'irritation. Le nerf crural d'une grenouille aquatique, d'un pouce de long, fut lié avec un cheveu près de son insertion au muscle; l'armature étant placée à l'extrémité du nerf en *a*, fig. 61, tout galvanisme fut infructueux: mais ayant approché l'armature jusqu'au point *b*, éloigné d'une ligne et demie seulement de la ligature *c*, je parvins à exciter des contractions en touchant le nerf, entre *b* et *c*, avec le communicateur.

Je crus d'abord que la ligature s'était relâchée; je retirai l'armature jusqu'en *a*, mais alors tout resta dans un repos parfait, quand même on établissait le contact au dessous de la ligature avec les muscles de la cuisse. La portion du nerf *a b* avait-elle perdu sa force vitale, et était-ce ce qui avait rendu nécessaire le rapprochement de l'armature vers *c*? Je laissai l'armature en *a*, j'ôtai la ligature, et aussitôt les phénomènes

galvaniques eurent lieu : l'inexcitabilité de *a b* n'était donc pas la cause de l'interruption du fluide galvanique.

Aucun des auteurs que j'ai parcourus n'ayant encore réussi à exciter le galvanisme, en établissant communication au dessus de la ligature, il m'a paru nécessaire de répéter ces essais ; or, je trouve dans mon journal cinq expériences affirmatives, faites sur des animaux très-vifs.

J'ai aussi pratiqué la ligature de l'artère ; *Valli* * l'avait déja tentée : j'ai remarqué souvent qu'une heure après son application, le muscle auquel l'artère se distribue était très-affaibli, et que plusieurs heures après, il était dans une paralysie complète. Mais ces sortes d'expériences ne paraissent avoir qu'un rapport très-indirect avec les phénomènes du galvanisme. Elles prouvent uniquement que le sang artériel fournit quelque chose d'essentiel à l'incitabilité. Elles ont plus de rapport à la théorie de la vitalité, qu'à celle du galvanisme.

Les discussions qui se sont élevées sur la ligature des nerfs et des artères, m'ont donné l'idée

* Valli, experiments, pag. 123. Pfaff, l. c. pag. 131, 134 ; Medical extrats, ouvrage très-important pour la physiologie chimique.

de faire des expériences sur des fibres sensibles coupées en deux. C'est au printemps de 1790 que je fis mes premiers essais avec succès. Cette matière me parut dès-lors devoir contribuer à décider du degré de confiance dû à ce qui a été dit sur la nature du fluide nerveux, et sur la régénération des nerfs ; et mon attention se reporta sur le même objet, quand je découvris par hasard, et en me proposant un autre but, la propriété que possèdent les substances animales, d'agir à une certaine distance *. Je me flattai de parvenir à montrer sensiblement ce que de grands physiologistes n'avaient fait que soupçonner d'après des considérations théoriques. Comme ces recherches sont fondées sur des expériences neuves ** et qui m'appartiennent, je ne crois pas avoir besoin de me justifier auprès du lecteur, de ce que je les ferai connaître dans toute leur étendue. Ma première lettre à *Blumenbach* *** en offre un court aperçu.

Lorsque, le nerf d'un animal quelconque étant dilacéré, il ne reste qu'une seule petite fibre pour

---

* V. à la fin du quatrième chapitre.

** Il serait bon de comparer ces expériences avec celles de Pfaff, l. c. pag. 35.

*** Gren; journal, vol. 2, pag. 122.

entretenir la communication de l'armature avec le muscle, les phénomènes galvaniques se manifestent avec autant de force que si le nerf était resté intact. Cette expérience paraîtra sans doute très-étonnante aux personnes qui considèrent les nerfs avec plusieurs anciens anatomistes, et même avec quelques modernes *, comme de simples tuyaux remplis de substance médullaire. Mais si l'on fait attention que les nerfs sont des organes très-compliqués, des assemblages d'un grand nombre de cordons anastomosés entre eux, on comprendra facilement que leur déchirement peut laisser intacts plusieurs de ces cordons. Les découvertes de *Reil* ** sont donc, sous ce rapport, de la plus grande importance pour l'anatomie pathologique. On conçoit en effet, qu'il est possible que des nerfs, regardés cependant comme simples, soient déplacés et déchirés, dans des animaux vivants, et ensuite incomplètement réunis sans que l'action musculaire en souffre. Mais, ce qui est bien re-

---

* V. l'auteur anonyme sur la force des nerfs, dans les archives de physiologie de Reil, vol. 1, pag. 12.

** V. son mémoire sur la structure du cerveau, dans le journal de Gren, vol. 1; et *Excercitationes anatom. de structurâ nervorum.* Fasc. 1.

marquable *, c'est l'affoiblissement des artères et des vaisseaux lymphatiques qui résulte d'un tel déchirement.

La section en travers d'un nerf très-fin, exige beaucoup plus de délicatesse et de soin dans la préparation, que sa division longitudinale.

On a vu, par ce qui a été dit plus haut, que les effets de l'irritation galvanique ne sont point interrompus, lorsque les deux extrémités d'un nerf divisé sont réunies, fig. 54, à l'aide de substances conductrices.

Ayant divisé l'organe sensible avec peu de précaution, de manière que *a b* et *c d*, fig. 62, étant écartés l'un de l'autre, un peu de substance médullaire occupait l'espace *b c*, si on établissait communication entre le muscle et l'armature, on excitait des contractions.

Mais cette expérience ne prouve en aucune manière la sphère active et sensible du nerf. Ce n'est qu'en répétant avec beaucoup de soin les essais qu'exige une matière aussi délicate, qu'on peut se garantir de toute illusion; quoique je puisse me flatter d'avoir acquis quelque dextérité dans la dissection des nerfs, je conviens que sur

---

* Sœmmerring Hirnlehre, §. 151, 191, 193.

trois préparations de cette espèce, il y en a au moins deux qui ne me réussissent pas.

Qu'on prenne la grenouille la plus vive que l'on pourra se procurer *, qu'on mette son nerf crural à découvert dans la plus grande étendue possible, et qu'on divise ce nerf à deux lignes de distance de son insertion au muscle, tandis qu'on le tiendra suspendu en l'air avec une pince, au dessus d'un plateau de verre propre et sec. Cette section étant faite, on prendra garde que les deux parties du nerf coupé ne retombent sur le plateau; ainsi on tâchera de les soutenir, par exemple, l'une avec la pince, l'autre avec les ciseaux, jusqu'à ce qu'on parvienne à les poser sur le plateau de verre, à la distance d'une ligne ou de $\frac{1}{4}$ de ligne l'une de l'autre, dans la situation de *a b* et *c d*, fig. 62. Il est essentiel, dans cette expérience, que les deux portions du nerf restent immobiles au moment où elles touchent le plateau, et que l'espace vide *b c* compris entre elles ne soit point occupé par une substance conductrice.

On peut poser le nerf sur le plateau de verre pour faire cette dissection; mais il faut alors que

* On sait que les meilleures sont celles que l'on surprend dans leur sommeil d'hiver.

le coup de scalpel soit sec et rapide ; car, comme *Prochaska* l'a très-bien observé, la contraction des tuyaux fait alors sortir des globules de substance médullaire qui pourraient former un conducteur entre *b* et *c*. Pour être sûr de prévenir cet inconvénient, il faut, aussitôt après la dissection, mettre *a b* avec l'armature, et *c d* avec la cuisse qui y est attachée, sur un autre plateau de verre bien sec, dans la position indiquée fig. 62 ; et, pour plus de sureté, on fera bien d'essuyer encore l'espace *b c* avec un peu de coton très-sec attaché à un fil de fer : il faut aussi se garder de toucher *b* ou *c* avec ce coton, parce qu'on humecterait inévitablement l'espace *b c*.

En remplissant toutes ces conditions, en employant des organes très-vifs, en opérant avec toute la promptitude possible, après avoir placé les deux morceaux de nerfs à la distance de $\frac{1}{4}$ de ligne l'un de l'autre, on verra naître des mouvements musculaires, si on établit communication, au moyen d'un communicateur métallique hétérogène, entre l'armature *m* et *c d*, ou même *a b* ; et ces mouvements auront lieu, quelle que soit la distance de *m* à l'extrémité *b* de la portion coupée du nerf. Cette portion *a b* exerce donc son énergie sur le muscle de la cuisse, à

travers la couche d'air *b c*. Il n'est pas du tout nécessaire que les extrémités du nerf *b* et *c* se correspondent et soient placées exactement vis-à-vis l'une de l'autre. J'ai remarqué, à mon grand étonnement, que les contractions se manifestaient également, lorsque *c* était approché à $\frac{1}{4}$ de ligne d'un point quelconque de la partie latérale du nerf *a b*, fig. 63.

L'incitabilité des organes diminuant, le contact de *a b* avec l'armature *m* ne suffit plus pour provoquer des mouvements musculaires. Il faut alors que *c d* touche immédiatement l'armature *m*, ou au moins que les deux portions du nerf soient en contact.

Cette sphère d'action des nerfs, qui diminue successivement, est un des phénomènes les plus frappants de la matière animée.

Le maximum de la distance à laquelle agit un nerf vivant et la durée de cette action sont très-différents, selon les divers degrés d'excitabilité.

Si on prépare les organes lentement, ou si l'animal est peu vif, l'intervalle *b c* ne peut être de plus d'une demi-ligne. Jamais la sphère d'action du nerf ne s'est étendue au-delà de $\frac{5}{4}$ de ligne, et sa durée ne s'est jamais prolongée au-delà de 5 ou de 8 minutes.

Il n'est point nécessaire, pour que les contractions aient lieu, que *a b* et *c d* soient des portions du même nerf. J'ai souvent pris, dans mes expériences, *a b* du nerf crural gauche et *c d* du nerf crural droit; j'ai même réussi à exciter des contractions, en plaçant une portion de nerf d'une grenouille ordinaire, *rana esculenta*, vis à-vis une portion de nerf d'un crapaud, *rana bufo*, ou des morceaux de nerf de la reine temporaire, *rana temporaria*, vis-à-vis des morceaux de nerf du lézard commun, *lacerta agilis*.

En employant des nerfs d'animaux à sang froid avec des nerfs d'animaux à sang chaud, par exemple, en mettant le nerf crural d'une souris vis-à-vis celui d'une grenouille, je n'ai pu exciter des contractions. Je ne sais si j'ai répété assez souvent cette expérience, si j'y ai apporté assez de promptitude, ou si l'émanation du nerf d'un amphibie ne peut irriter que les muscles d'un autre amphibie, et non pas ceux d'un animal à sang chaud. Il paraît qu'en général, d'après les observations consignées dans mes journaux d'expériences, l'étendue de la sphère d'action dépend de la portion de nerf *a b*. J'ai cependant vu, les mouvements musculaires étant presque éteints dans cette expérience,

des contractions avoir lieu lorsqu'on eut substitué un organe récemment préparé à la portion *c d* d'une cuisse qui était restée près d'un quart d'heure à découvert.

Je conclus de cette expérience, que quoiqu'un nerf puisse répandre autour de lui une atmosphère irritante pendant des heures entières, il n'y a que les organes les plus irritables qui soient susceptibles d'éprouver l'action d'un stimulus aussi délicat.

J'ai essayé, lorsque *c d*, fig. 62, ne manifestait plus de contractions à la distance de $\frac{1}{4}$ de ligne, de les faire reparaître, en humectant *a b* avec des substances excitantes, telles que du carbonate de potasse en déliquescence, de l'acide muriatique oxygéné et de l'extrait de musc. Je croyais pouvoir parvenir ainsi à étendre la sphère d'action de l'organe jusqu'en *c*, mais je fus trompé dans mon attente, et je soupçonnai que dans les cas où j'avais fait naître des contractions, l'espace *b c* avait pu être humecté par les substances irritantes que j'avais employées. Mais, d'un autre côté, en humectant *c d* avec de l'acide muriatique, je parvins à rappeler les contractions et à exalter l'excitabilité.

Dans les animaux à sang chaud, dont la vitalité est promptement détruite, la dissection des

nerfs, pour cette expérience, est excessivement difficile. Aussi elle ne m'a jamais réussi sur des oiseaux, mais seulement sur des souris, sur des rats, sur un agneau, et sur plusieurs lapins; La sphère d'action de ces nerf était ordinairement restreinte à une demi-ligne, et elle était souvent moindre.

Quand on emploie des organes très-irritables, si l'on soulève, à l'aide de morceaux de verre, les extrémités des nerfs *a b* et *c d*, fig. 62, et si, après les avoir disposés de façon que leurs extrémités *b* et *c* se trouvent en l'air et éloignées l'une de l'autre de $\frac{1}{4}$ de ligne, on place le plateau de verre mince *e f* entre *b* et *c*, de manière qu'il ne touche ni l'un ni l'autre, les mouvements musculaires qui avaient lieu auparavant en établissant communication entre *m* et *d*, cessent aussitôt. Mais on les rétablit en ôtant cette espèce de séparation, ou en substituant au plateau de verre une lame de métal. Je me borne à citer ce fait, qui me paraît très-important pour parvenir à connaître la nature de cette émanation.

Il suit de ce qui précède, qu'on doit se représenter autour d'un nerf *m*, fig. 64, comme autour d'un barreau aimanté, une atmosphère active, sensible et irritable (57), représentée par la ligne ponctuée *a b c d*. Lorsqu'une autre portion de

nerf *n*, dépasse ces limites, elle présente à la première une substance sur laquelle celle-ci peut exercer son énergie. Mais cette énergie diminue avec la force vitale, et l'atmosphère active *a b c d* se trouve bientôt circonscrite dans les limites plus étroites *e f*.

Je m'étais engagé à la fin du quatrième chapitre, à l'occasion de l'expérience fig. 37, à prouver clairement la propriété dont jouit la matière animale d'agir à une certaine distance, et sans contact. Je crois avoir tenu complètement ma promesse.

Le soin que j'ai apporté à ces expériences, atteste qu'il ne peut y avoir eu d'illusion : ainsi l'on ne peut soupçonner que l'expérience fig. 62, se rapporte à celle fig. 54.

Il est à croire qu'il se fait en *b* fig. 62, une certaine émanation qui s'étend jusqu'en *c*, et qui produit l'effet qui s'y manifeste ; mais la substance qui la constitue doit être très-différente de la partie médullaire du nerf.

On voit aussi que cette émanation n'est point un fluide susceptible de former des gouttes, car, s'il en était ainsi, les contractions n'auraient point lieu, lorsque *a b* et *c d* sont soulevés avec des tubes de verre, et que leurs extrémités sont soutenues en l'air.

La diminution successive de l'atmosphère active et sensible, que l'on observe dans le cas dont il s'agit maintenant, est précisément ce qui distingue ce phénomène comme effet immédiat de la force vitale, de tous les autres effets dus à la faculté conductrice des substances privées de vie.

J'ai observé des cas où les deux portions de nerfs, fig. 62, étant posées sur le même plateau de verre, la force de *c d* décroissant, cette partie n'obéissait plus à l'influence de *a b*, à la distance de $\frac{1}{4}$ de ligne, et même une goutte d'eau que je faisais tomber entre *b* et *c* pour remplir l'intervalle, ne rétablissait pas la communication; mais j'obtenais des contractions si, après avoir placé tout l'appareil sur un plateau de verre bien sec, je réduisais l'intervalle *b c* à une demi-ligne. Dans ce cas, l'atmosphère irritante invisible du nerf produisait donc plus d'effet que l'eau.

La substance répandue autour de *a b* ne paraît pas de la nature des gaz ordinaires. Au moins les expériences faites avec la lame de verre ou de métal *e f* placée entre *b* et *c*, sont opposées aux idées que nous avons des gaz; les effets de cette émanation semblent annoncer qu'elle se rapproche bien davantage du calorique, et des fluides magnétique et électrique.

La découverte de cette propriété qu'a la fibre sensible vivante, d'agir à quelque distance, et de répandre autour d'elle une atmosphère irritante, me paraît de la plus grande importance pour l'explication de plusieurs phénomènes physiologiques et pathologiques. Des anatomistes habiles en feront sans doute de nombreuses applications. Je me contente d'indiquer ici les phénomènes du tact et du goût, la régénération des nerfs, et plusieurs phénomènes sympathiques, comme dignes de fixer particulièrement l'attention.

L'observation générale que les parties du corps animal dépourvues de nerfs sont insensibles, a porté plusieurs anatomistes à en conclure qu'il se trouve des fibres nerveuses dans tous les points doués de sensibilité, et que la quantité de ces fibres est proportionnée au degré de sensibilité des organes; mais ce raisonnement est peut-être fautif.

L'incitabilité d'un nerf peut être très-différente de celle d'un autre, quand même l'organisation extérieure ne présenterait aucune différence visible: ainsi, une partie du corps pourvue de peu de fibres nerveuses, peut cependant être, à raison de la grande énergie de ses fibres, beaucoup plus sensible qu'une autre qui contient des faisceaux de nerfs considérables.

Nous observons dans certains cas pathologiques, que tel ou tel organe devient plus sensible, sans que le nombre de ses nerfs ait pu augmenter. D'ailleurs, si l'on prétendait qu'il y a des fibres nerveuses partout où le contact excite une sensation, on regarderait la peau du corps humain comme n'étant qu'un tissu de nerfs. Il y a à la vérité plusieurs auteurs modernes qui ont admis, d'après *Haller* *, un semblable tissu; et, lorsque *Porterfield* ** trouva que la fibre sensible de la rétine est 116400 fois plus fine qu'un cheveu, on en conclut que tous les nerfs avaient de pareilles ramifications. *Isenflamen* a le premier fait sentir *** combien cette idée est erronée; mais il a cru résoudre la difficulté en admettant, au lieu de fibres nerveuses, une expansion de la substance médullaire des nerfs dans le tissu muqueux. Il paraît que l'analogie supposée par *Isenflamen*, entre les nerfs optiques, les nerfs acoustiques et les autres nerfs, est ce qui lui a donné cette idée. Mais ne suppose-t-elle pas une continuité de substance médullaire dans la peau,

---

* Medical extracts, vol. 1, pag. 18. Haller, physiol. vol. 4, pag. 639.

** Treatise on the eye, tom. 2, pag. 64.

*** Essais pratiques sur les nerfs. (en allemand) 1774.

ou plutôt que cette substance constitue la peau? Quelques physiologistes modernes ont paru adopter cette hypothèse, jusqu'à l'époque où *Reil* * a publié à Halle sa théorie de l'atmosphère sensible répandue autour des nerfs. On comprend, à l'aide de cette théorie, comment une membrane pénétrée par un seul nerf dans l'étendue de quatre lignes en quarré, est cependant sensible dans tous ses points.

Je vois par une note qui se trouve dans le fameux système de médecine de *John Brown* ** qu'on avait déja manifesté avant *Reil*, à Edimbourg, au grand scandale des partisans de *Brown*, l'opinion d'une atmosphère sensible répandue autour des nerfs. Mais je crois avoir prouvé incontestablement, par mes expériences, fig. 62, 63, 64, ce qui n'avait été jusqu'alors qu'une conjecture. En préparant les organes avec toute la délicatesse possible, on parvient même à mesurer leur atmosphère qui est plus ou moins étendue, selon les degrés d'incitabilité des organes. *Scarpa*, qui a accordé un certain intérêt à mes essais, m'a indiqué la structure particu-

* Gren. Journ. vol. 1, pag. 113; et les archiv. pour la physiologie, vol. 1, pag. 89.

** Traduit en allemand par Pfaff, pag. 249.

lière de la langue dont les papilles nerveuses placées à une distance considérable avaient depuis longtemps fixé son attention : si la sensation du goût n'était produite que par le contact immédiat des substances sapides sur le rameau lingual de la troisième branche de la cinquième paire, elle serait occasionnée dans si peu de points, qu'elle ne pourrait être forte. Mais chacune des papilles coniques (58) étant entourée d'une sphère active manifeste, il est facile de concevoir combien sont multipliés les points où le contact peut être efficace, sans compter l'influence que le mucus sécerné par les glandes, peut avoir sur la sensibilité de l'organe du goût : les différents degrés de cette sensibilité peuvent aussi s'expliquer par l'expérience fig. 64. Quand la sphère sensible que les papilles offrent aux substances irritantes a beaucoup d'étendue, l'impression que ces substances produisent sur les nerfs de la langue doit être très-vive ; au contraire, quand le système nerveux a peu d'énergie, cette atmosphère est petite, l'efficacité du contact diminue, et le goût est plus ou moins émoussé. La même explication fait comprendre comment la langue des divers individus présente une incitabilité très-différente, quoique pourvue du même nombre de papilles : il en est de même

des extrémités des doigts, et du reste de la peau.

Des observateurs très-sensés rapportent des faits, d'après lesquels il semble que certaines personnes ont la faculté d'éprouver une sensation à l'approche d'un corps, sans le toucher. Je ne sais si le changement de température qui peut avoir lieu dans ce cas, suffirait pour expliquer cette sensation; mais l'expérience fig. 64 prouve qu'un nerf dont l'atmosphère sensible est répandue autour de lui, peut recevoir et propager des impressions sans être touché. L'expérience de *Hunter* sur la sensation de lumière excitée dans les yeux, semble confirmer cette observation; car on a remarqué que la clarté s'aperçoit, l'armature de la langue étant à une ligne de cet organe. Je pourrais encore alléguer les cures appelées magnétiques, dans lesquelles on prétend que l'approche de la main produit de la chaleur et de l'irritation dans les organes, si on ne risquait, en s'appuyant d'une telle opinion, de passer au moins pour exagéré, près du public éclairé. Mais il est plus aisé, sans doute, de nier simplement des faits, que de les examiner par des expériences exactes.

Si les extrémités d'un nerf coupé dans des opérations de chirurgie, restent, après la section,

dans leur sphère d'activité ; il peut se faire, d'après l'analogie de ce cas avec les expériences fig. 62, 63, 64, que l'influence de la volonté continue de produire la contraction des muscles auxquels le nerf se distribue. Mais les mêmes expériences qui nous font entrevoir la possibilité d'une telle irritation, expliquent aussi pourquoi ce phénomène a dû n'être point observé dans l'homme, les extrémités des nerfs étant ordinairement écartées au-delà de leur sphère d'activité dans les opérations de chirurgie ; il est d'ailleurs impossible de les traiter comme les nerfs d'une grenouille qu'on place sur un plateau de verre. Ensuite, par la dissection, le nerf est naturellement affaibli, et cet affaiblissement diminue l'étendue de la sphère active. Enfin, la cicatrice qui se forme est le plus grand obstacle à la propagation de l'action nerveuse : ceci présente cependant quelques exceptions ; car, dans les animaux à sang froid, la portion qui est au dessous de la section se conserve, pendant des années entières, non-cicatrisée et fraîche. *Monro** a fait, à cet égard, des expériences très-remarquables sur le nerf sciatique.

---

* Observations sur la structure et l'usage des nerfs. 1787, pag. 25.

Si nous comparons les observations faites sur les atmosphères actives et sensibles des nerfs, avec ce qui a été dit à la fin du sixième chapitre sur les phénomènes de la transmission du fluide galvanique et sur la sensibilité des parties malades, nous trouvons deux manières d'expliquer comment des impressions qui ne sont pas exercées immédiatement sur les nerfs, mais seulement dans leur voisinage, peuvent cependant être propagées jusqu'au cerveau. Ces explications ne sont pas fondées sur de simples probabilités, mais sur des analogies avec des expériences réelles.

Lorsque l'extrémité d'un nerf est environnée d'une substance non-conductrice, comme dans les os et dans les vésicules du poumon, ce nerf n'agit à quelque distance que par son atmosphère. Le même nerf se trouve-t-il en contact avec des substances conductrices, telles que de la lymphe, du sang, du tissu cellulaire, cette atmosphère augmente la propriété conductrice des parties qui l'environnent.

x et *y*, fig. 63, étant deux points d'une même membrane conductrice, le stimulus appliqué sur *x* peut agir avec plus de force que sur *y*, non parce que *x* est, à raison de ses principes chimiques, un conducteur plus parfait, mais parce que *x* est

placé dans la sphère active du nerf, tandis que *y* se trouve au-delà de cette sphère. Si l'organe sur lequel le nerf exerce son énergie est aux environs de *b y*, à quelque distance de *b*, la faculté conductrice du milieu agira seule.

Ce dernier cas, qui est parfaitement éclairci par l'expérience fig. 54, me paraît avoir un rapport immédiat avec la régénération des nerfs.

Les faits rassemblés par *Arnemann* * démontrent incontestablement que lorsqu'on coupe un nerf, les extrémités coupées se réunissent au moyen d'un tissu cellulaire, qui est formé par la lymphe coagulable; et qu'après cette réunion, la mobilité volontaire des muscles se rétablit, mais non pas la sensibilité des parties. Si le tissu cellulaire était une substance isolante, l'énergie de la portion supérieure du nerf, encore en relation avec le cerveau, ne se communiquerait certainement pas à l'inférieure.

Je parle avec assurance de la reproduction des nerfs, quoique des anatomistes célèbres la nient absolument: un prolongement, formé par du tissu cellulaire, ne doit, sans doute, pas être

* Versuch über di regeneration der nerven. 1 B. cap. 3 et 5.

nommé reproduction. Le * célèbre anatomiste *Sœmmering* dit positivement : *Que la portion reproduite des nerfs ne présente point l'aspect qui caractérise le reste des nerfs.*

J'ose prendre la liberté de contredire cette assertion. Quand même le caractère distinctif des nerfs ne se serait point offert dans une suite nombreuse d'expériences, d'autres observations, quoiqu'en petit nombre, suivies d'un plus heureux succès, attestent que la nature peut opérer cette reproduction. Je citerai ici les préparations anatomiques de *Fontana*, à Florence (59), dans lesquelles on trouve, comme dans celles de *Cruckhsanck*, des portions très-considérables du nerf grand sympathique régénérées, dont la structure rubannée et en spirale ne peut être méconnue. Une seule expérience heureuse, prouve plus qu'un grand nombre d'autres sans succès.

On demandera peut-être si la grande incitabilité des personnes maigres, et l'inertie des personnes grasses, ne dépendent pas (60) de ce que, dans les premières, les nerfs sont plus libres, tandis que dans les autres ils sont environnés d'une huile grasse et tenace. On ne peut

* Sœmmering Hirnlehre, §. 179.

disconvenir que la graisse accumulée dans le tissu cellulaire, qui est généralement assez lâche, ne soit entremêlée d'un fluide séreux conducteur. Mais on conçoit cependant que dans les corps gras, l'impression faite lentement, sur les nerfs, doit naturellement être plus faible, et que la sphère active et sensible doit être circonscrite dans des limites plus étroites que chez les personnes maigres. En considérant l'importance de la faculté dont sont doués les organes, de recevoir des impressions, on ne regrettera sans doute pas la peine qu'il faut prendre pour parvenir à déterminer toutes les petites causes qui concourent à produire un aussi grand effet.

D'après les preuves variées et rapportées plus haut, de l'atmosphère des nerfs, on sera peut-être surpris qu'on n'ait point encore réussi à irriter efficacement un nerf mis à découvert, en portant une lancette dans l'espace *a b c d*, fig. 64, sans toucher le nerf. Mais il est facile de résoudre cette difficulté, en considérant que nous ne pouvons apercevoir l'irritation que quand il s'ensuit mouvement musculaire, ou impression transmise au cerveau. Or, il faut qu'un stimulus soit fort, pour produire des contractions, ou pour occasionner sur la substance très-tenue que nous nous représentons dans l'espace *a b*

c d; une impression propre à les occasionner. L'absence de la contraction prouve moins celle de l'atmosphère, qu'elle ne prouve la mauvaise application de la cause irritante. Mais il est d'autant plus difficile de décider de la sensation qui peut avoir lieu dans ce cas, que les blessures sont toujours accompagnées de sensations douloureuses et confuses.

Beaucoup de phénomènes sympathiques sont probablement dûs à l'atmosphère sensible des nerfs. Il est vrai qu'on croit ordinairement pouvoir les expliquer par les anastomoses des filets nerveux, telles que celles que présentent le grand sympathique, les nerfs de la face, les nerfs du larynx, et les trois branches de la cinquième paire. Mais combien de phénomènes restent ainsi incompréhensibles! tels sont ceux que présentent les nerfs qui n'ont point de branches de communication : on est obligé, dans ce cas, de recourir à la proximité de leur origine dans le cerveau, et à la réaction de cet organe *. Sans nier cette réaction, il est à croire que la sympathie dépend souvent de ce qu'un filet de nerf est dans l'atmosphère sensible d'un autre, ou de ce qu'il y a seulement contact

---

* Sprengel, Handbuch der pathologie, tom. 1, p. 65.

entre eux, comme entre les nerfs optiques et les nerfs ciliaires; mais il serait imprudent de prononcer sur une question aussi délicate sans un mûr examen.

Il est très-remarquable que tous les effets produits, quoiqu'il y ait quelqu'intervalle entre certaines parties de la chaîne, n'ont lieu que lorsque cet intervalle se trouve entre les organes même des animaux, et non pas entre deux métaux, ou entre deux substances inanimées quelconques. L'expérience fig. 37, n'est pas une exception à cette loi; car la chair musculaire y agit immédiatement sur des métaux.

J'ai approché, sur un plateau de verre, l'extrémité du nerf *a*, fig. 8, si près du zinc, que la distance qui les séparait, observée à la loupe, était à peine de $\frac{1}{64}$ de ligne: je n'ai pu réussir à exciter la moindre contraction, en touchant le nerf avec *r* ou *s*. Il n'y en eut également pas, lorsque la petite plaque de métal *e f*, fig. 62, placée dans l'atmosphère sensible, toucha *b*, et couvrit, pour ainsi dire, l'embouchure de l'extrémité du nerf.

De même, la plus petite distance entre les deux conducteurs métalliques *b* et *c*, fig. 48, suffit pour empêcher l'effet de l'irritation galvanique. L'expérience nous apprend donc qu'un

métal n'agit jamais sur un autre métal sans contact immédiat ; qu'une substance animale propage, dans certains cas, l'effet galvanique à un métal séparé d'elle par un intervalle; et qu'un nerf produit très-souvent le même effet sur un autre nerf. Peut-on douter, d'après ces considérations, que les effets galvaniques, lorsqu'il y a quelqu'intervalle dans la chaîne, ne dépendent de la vitalité même?

Il me reste à exposer l'expérience la plus frappante sur les atmosphères irritables et sensibles *. J'y fus conduit de la manière suivante. Je soupçonnais que l'électricité positive, en passant à travers des métaux hétérogènes, ou à travers un seul métal, pour se porter à une substance animale, pouvait devenir négative, et que l'électricité négative devenait positive, en traversant des substances hétérogènes.

Pour tenter une expérience d'après cette idée, j'enveloppai une des branches de la pince d'argent *b*, fig. 65, avec de la chair musculaire fraîche, me proposant de toucher le nerf avec *b*, *c* étant posé sur le zinc. Mais avant de terminer cette expérience, j'approchai par ha-

* J'en ai déja parlé dans le Journal de physique de Gren, vol. 2, pag. 122.

sard *b* de la cuisse de la grenouille qui était très-vive ; j'étais sûr de ne l'avoir pas touchée, et je voyais cependant de fortes contractions. Etonné de ce résultat, je répétai l'essai ; je tins *b* à $\frac{3}{4}$ de ligne du muscle *p*, et celui-ci éprouva une secousse très-forte. Il n'y avait pas d'irritation, lorsque *b* était à deux ou trois lignes de distance de l'organe irritable, ce qui prouve que cette expérience n'était point analogue à celle sans chaîne fig. 9. Il fallait diminuer l'intervalle *b p* à mesure que l'incitabilité de *p* décroissait, et après quatre ou cinq minutes, la sphère active avait entièrement disparu. J'étais alors obligé de mettre *b* en contact avec *p*, pour produire des contractions. Les phénomènes de l'atmosphère paraissent se manifester plus rarement avec la chair musculaire, qu'avec les nerfs coupés. Je n'avais observé que deux fois le cas précédent, avant le printemps de l'année dernière ; mais j'en ai réuni trois exemples absolument semblables depuis mon retour d'Italie. La sphère active s'étendit même, dans quelques circonstances, jusqu'à une ligne ou $\frac{1}{4}$ de ligne ; et une lame de verre, placée entre *b* et *p*, empêchait l'effet de l'irritation, comme *e f*, fig. 62. La même chose eut lieu lorsque j'eus dégarni la branche d'argent *b*. Il n'est pas possible de soupçonner que, dans

cette expérience, des gouttes d'un liquide quelconque aient rempli l'espace *b p*, et qu'elles les aient réunis. La chaîne était sans doute fermée; mais c'était par une émanation inconnue de la substance animale vivante.

CHAPITRE VIII.

Il faut que les muscles soumis au galvanisme soient unis organiquement avec un nerf. — Chaleur des excitateurs. — Essais de Wells *sur leur frottement. — La propriété excitante peut être communiquée par un simple choc. — Effets des milieux sur le galvanisme. — Essais faits dans sept espèces de gaz, dans le vide, dans l'air condensé et dans les liquides. — Phénomènes galvaniques dans les plantes. — Aperçu de la structure intérieure des végétaux. — Où doit-on chercher la fibre sensible dans les végétaux? — Nerfs des vers. — Des sangsues, des lombries et de plusieurs espèces de sèches. — Anatomie des plus petits vers aquatiques. — Expériences faites sur les naïades, les lernées, les tænias et les différentes espèces d'ascarides. — Observations zootomiques. — Des insectes et de leurs nerfs. — Des poissons.*

Il est essentiel, pour produire les phénomènes galvaniques, que le nerf qui doit exciter un muscle à se contracter, soit uni organiquement

avec lui. Quoique nous soyons très-éloignés de considérer avec *Boerhawe* * les muscles comme des prolongements des fibres sensibles, ces deux genres d'organes sont si étroitement unis, que le mouvement animal n'est surement pas plus produit par l'un des deux seulement, que la flamme n'est produite par l'air vital seul. L'analogie que l'on a supposée entre l'électricité et le galvanisme a donné lieu à des conclusions trop précipitées.

Un nerf disséqué et détaché d'un muscle mis de nouveau en contact avec lui, peut effectivement servir à transmettre la secousse à ce muscle, si on lui applique la bouteille électrique. Mais la contraction qui a lieu alors n'est qu'un effet de l'irritabilité de *Haller*, et il est indifférent que l'on transmette la commotion électrique à la fibre irritable par une portion de nerf, ou par un conducteur métallique. Mais dans les expériences galvaniques, la secousse que le muscle éprouve n'est due qu'à la réaction du nerf irrité.

Si, après avoir coupé profondément le nerf crural d'une grenouille très-vive, on le pose avec

* Marherr, *prælect. in institut.* Bœrhav. tom. 2, pag. 614.

précaution sur un muscle dans lequel on n'aperçoit aucune ramification nerveuse au microscope, il n'y aura pas de contractions, quand même on établirait communication avec de l'argent entre le nerf et du zinc, ou entre du zinc et la cuisse.

Si on ne fait pas cette expérience avec beaucoup de soin *, il peut s'ensuivre quelquefois des contractions dans le muscle. Je crois avoir aperçu que cela provient de ce que le nerf détaché tient souvent encore, par un filet extrêmement fin, à un autre nerf uni organiquement avec des fibres musculaires. L'autre nerf agit alors par le moyen de ce filet, de manière que l'expérience est semblable à celle fig. 47, où le nerf est armé immédiatement.

J'ai observé plus haut, que contre l'opinion de *Valli*, les corps idio-électriques, tels que le verre, le succin et la cire d'Espagne, ne deviennent pas conducteurs du galvanisme, quelque minces qu'ils soient, lorsqu'on les chauffe, même jusqu'à l'incandescence. Je trouve que l'accumulation du calorique est bien plus efficace dans les corps appelés excitateurs, par exemple, dans les métaux employés comme armatures.

---

* Reil, *de irritabilitate*, pag. 43.

Fowler et *Pfaff* * ont prétendu que les métaux produisaient, à une température très-élevée, les mêmes effets qu'à une température très-basse. Mais des essais réitérés m'ont convaincu que cela n'est vrai que dans le cas où la chaleur est portée jusqu'à l'incandescence ; une chaleur modérée augmente certainement les contractions.

Il n'est sans doute pas nécessaire d'observer qu'on ne doit jamais chauffer les armatures mêmes (61) avec lesquelles les organes sont en contact, mais seulement les parties intermédiaires du conducteur. Les premières communiqueraient promptement leur température au nerf et au muscle, ce qui changerait l'incitabilité, et donnerait des résultats peu exacts.

La plus frappante des expériences de cette espèce est, sans contredit, celle avec l'haleine, qui a été décrite avec toutes ses circonstances à la fin du quatrième chapitre. Lorsque le métal hétérogène *z*, fig. 32, couvert sur une de ses faces d'un fluide en vapeur, est élevé à une température de 60 à 70° du thermomètre de Réaumur, les muscles éprouvent des contractions bien plus violentes, que lorsque *z* n'est qu'à la température ordinaire de 10 à 12°.

---

* Fowler's experiments and observations, pag. 21. Pfaff, l. c. pag. 36.

Non-seulement la communication du calorique, ou son passage d'une substance à une autre, paraît favoriser les effets galvaniques; mais l'aptitude même qu'ont les corps à donner de la chaleur par le frottement, produit le même effet.

Le docteur *Wells* a recueilli à ce sujet des expériences très-ingénieuses; son travail n'a pas encore été imprimé; j'en dois la connoissance aux savants *Pictet* et *Allen*, dont le dernier fait actuellement des cours de physiologie comparée, à Edimbourg.

Le docteur *Wells* a observé que deux métaux homogènes, ne produisant point de contractions (62), ils pouvaient en occasionner si l'on frottait une de leurs extrémités avec de la soie, de la laine, de la peau de poisson, de la cire d'Espagne, du bois, du marbre, ou simplement avec la main; il a aussi remarqué qu'en humectant les métaux, on favorisait l'effet du frottement, et qu'ils conservaient la faculté excitante ainsi acquise, même après avoir produit deux cents contractions. Ce que le docteur *Wells* a observé de plus curieux, c'est que l'effet du frottement était très-affaibli lorsqu'on l'avait exercé aux deux extrémités de l'armature, au lieu de l'exercer à une de ses extrémités seule-

ment, et que l'affaiblissement allait souvent ainsi jusqu'à la disparition totale de cette propriété excitante, qui était toujours le résultat du frottement d'une seule extrémité.

En répétant ces expériences, je n'ai pas obtenu des effets aussi favorables. Peut-être ne les ai-je pas faites avec les mêmes circonstances que *Wells*, aussi je suis très-éloigné de l'accuser d'erreur; longtemps avant lui j'avais entrepris une suite d'essais dont les résultats paraissaient avoir du rapport avec ceux des siens.

Lorsque le nerf crural d'une grenouille, armé avec de l'or, est mis en communication avec le muscle, au moyen d'un autre morceau d'or, il ne se manifeste aucunes contractions; mais elles peuvent avoir lieu très-promptement, si l'on frappe l'armature du nerf avec du zinc, de manière à y produire une secousse, et si l'on rétablit ensuite le contact.

Ce phénomène est nouveau et très-remarquable; le succès des expériences fig. 32 et 35, dépend uniquement de l'haleine; mais celui de celle-ci dépend de quelque chose de plus délicat, d'un simple choc entre deux métaux.

Il ne faut pas croire que le zinc agisse dans ce cas sur l'armature du nerf, en lui communiquant, par le frottement, quelque peu de sa

substance. S'il en était ainsi, si le zinc laissait des molécules sur l'or, les contractions n'auraient lieu que quand le second morceau d'or toucherait le premier dans le point où il a été frappé par le zinc. Le contact de l'or et du zinc communique certainement à l'or quelque chose qui se répand du point de contact sur toute la surface de ce métal. Mais quelle est la substance qui produit cet effet ?

Bien plus, lorsque l'incitabilité des organes est diminuée au point qu'il n'y a plus d'irritation dans l'expérience fig. 25, *a* étant du zinc, *b* de la chair musculaire, *c* de l'or, *k* de l'argent, j'ai souvent vu renaître les mouvements musculaires les plus forts, lorsque *k* n'était mis en contact avec l'or, qu'après que ce dernier avait été pressé à l'aide d'un corps isolant sur le zinc. C'est encore le simple attouchement des métaux qui détruit ici l'obstacle qui s'opposait à l'irritation.

En agissant avec promptitude on peut encore, au lieu de presser *c* sur *a*, l'enlever de dessus *b* avec une pince, le frapper sur un autre morceau de zinc, et le remettre à sa place. Un grand nombre d'essais m'ont prouvé que, dans cette expérience, *c* étant frappé sur une autre pièce d'or, il ne produisait aucun effet, qu'il n'en produisait qu'un très-faible étant frappé sur du fer,

mais que frappé sur du zinc, il acquérait une propriété excitante très-forte.

L'efficacité des métaux dépend donc de leur hétérogénéité. Cette efficacité se communique avec une égale force, soit que le contact ait lieu avec un point du métal seulement, ou avec toute sa surface. Mais j'ai remarqué très-distinctement que les contractions musculaires étaient beaucoup plus vives dans les premières secondes qui suivaient le contact de *c* et de *a*, que dans les douze ou quatorze secondes suivantes. Après 20 ou 28 secondes, l'union de *k* et de *c* redevenait entièrement sans effet. Le zinc communiquerait-il à l'or quelque chose qui se perd ensuite dans l'atmosphère ?

Je n'ai pas observé ces phénomènes sur des animaux très-irritables, parce que, sur ceux-ci, les métaux homogènes occasionnent des contractions dans l'expérience fig. 25, sans que les métaux aient subi aucun choc. Mais ils se sont souvent présentés à moi lorsque j'employais des individus peu irritables, et même sur des souris et sur des lapins. Des témoins très-attentifs ayant examiné avec moi toutes les circonstances accessoires des expériences, je n'ai pas à craindre d'avoir commis d'erreur (63). Je les aicependant tentées sur plus de vingt ani-

maux différents, chez lesquels les contractions n'ont eu lieu, ni avant le contact de *a* et de *c*, ni après ; ce qui était dû à ce que ces animaux ne présentaient point la condition essentielle, c'est-à-dire, qu'ils ne possèdaient point le degré d'incitabilité nécessaire : le choc du zinc et de l'or ne rend celui-ci efficace que dans un état moyen de l'incitabilité, c'est-à-dire, dans ce degré d'incitabilité qui succède immédiatement à celui dans lequel les métaux homogènes suffisent pour occasionner de l'irritation. Je trouve la preuve de cette assertion dans l'expérience fig. 66, qui ne réussit jamais sur des organes affaiblis, ni sur des organes très-vifs, mais seulement à l'instant où le stimulus cesse d'être efficace dans l'expérience fig. 24.

Pour développer toutes les circonstances dans lesquelles les phénomènes galvaniques réussissent, il faut aussi considérer le milieu dans lequel se trouve placée la chaîne formée par les métaux et les organes vivants. Ces phénomènes sont-ils les mêmes dans les différentes espèces de fluides, dans ceux qui sont susceptibles de former des gouttes et dans les fluides gazeux, dans l'air raréfié et dans l'air condensé? J'ai cru nécessaire de faire, sur cet objet, une suite d'expériences avec l'appareil pneumatique.

Après avoir laissé, pendant longtemps, une cuisse de grenouille dans le gaz acide carbonique, et une autre dans la vapeur de l'acide muriatique oxygéné, je trouvai, en exerçant sur elles l'irritation métallique, que, dans la première cuisse, la vivacité des contractions était diminuée, et que dans l'autre elle était augmentée. On aurait tort d'en conclure que les métaux agissent plus fortement dans un de ces gaz que dans l'autre. Ces gaz ne font que modifier l'incitabilité de la fibre; car la cuisse qui avait été exposée au gaz acide carbonique se contractait aussi faiblement, étant galvanisée dans la vapeur de l'acide muriatique oxygené, que dans le gaz oxygène ou sous l'eau.

On pourrait encore demander si le milieu dans lequel on fait les expériences, n'augmente ou ne diminue pas l'obstacle que les métaux opposent au cours du fluide des nerfs, sans agir efficacement sur la fibre sensible. Si on considère le nerf comme un électroscope, si l'on admet que l'électricité qu'il contient est attirée ou repoussée par les métaux, ou si l'on suppose que le stimulus dépend de la décomposition de l'eau et du dégagement de l'oxygène, on attribuera à ce

milieu une influence encore plus grande sur l'attraction et sur la répulsion du fluide.

Je passe sous silence toutes les expériences dans lesquelles j'ai exposé, pendant plusieurs minutes, un organe animal à l'action du fluide que je voulais examiner; je me borne aux résultats de celles dans lesquelles les contractions ont eu lieu, au bout de peu de secondes, au moyen des métaux. Il est facile d'accumuler un grand nombre d'expériences, mais il est difficile d'interroger la nature, de manière à en obtenir une seule réponse claire.

Pour employer dans les expériences galvaniques, des gaz artificiels aussi purs qu'il est possible, je me servis du procédé suivant.

J'introduisis les cuisses des grenouilles sous la cloche, lorsqu'elle était encore pleine d'eau, et avant que le gaz eût commencé à y monter. De cette manière, j'étais sûr d'éviter que le gaz fût mêlé d'air atmosphérique. J'enveloppai le nerf crural avec une feuille d'étain; et un fil de soie qui était attaché à l'étain, pouvait servir à le faire mouvoir sur un plateau que je glissai sous la cloche, dès qu'elle fut remplie de gaz : il y avait une espèce de petite tablette revêtue d'une feuille d'argent, qui était placée de manière

qu'elle s'élevait au dessus de l'eau. En faisant approcher la cuisse de grenouille de cette tablette, je mettais en contact le nerf, la feuille d'étain et l'argent, et j'excitais le galvanisme au milieu du gaz artificiel.

J'ai essayé ainsi sept espèces de gaz : le gaz oxygène, le gaz nitreux, le gaz hydrogène, le gaz azote, le gaz acide carbonique, le gaz acide muriatique oxygéné, et le gaz hydrogène carboné retiré de l'*agaricus campestris* L.

Je puis assurer que si les organes animaux ne restent pas pendant plusieurs minutes dans ces fluides, et si on les galvanise aussitôt que la cloche est remplie, l'irritation n'est dans ces sept espèces de gaz, ni plus forte ni plus faible que dans l'air atmosphérique. Cependant, j'ai remarqué très-promptement une légère augmentation dans les contractions en employant le gaz acide muriatique oxygéné, et une légère diminution en employant le gaz hydrogène carboné. Mais peut-être ces phénomènes n'ont-ils pas un rapport immédiat avec le galvanisme, peut-être ne font-ils que prouver l'effet des gaz sur les fibres sensibles et irritables.

Aldini avait déja fait, en l'an 3, beaucoup d'expériences dans le vide et dans l'air condensé. Son appareil pour faire mouvoir les métaux sous

les cloches, par le moyen de l'aimant; sa méthode de produire le vide de *Toricelli*, lui font beaucoup d'honneur *. Dans le vide les contractions sont toujours plus faibles, et dans l'air condensé elles sont toujours plus fortes. Mais comme les cuisses de grenouilles retirées des cloches, continuent de présenter des mouvements également forts ou également faibles, je crois que ce phénomène dépend immédiatement d'une modification dans l'incitabilité des organes. En pinçant les muscles, ou en les touchant avec des dissolutions alcalines dans le vide, ils seraient, sans doute, aussi irrités moins vivement que dans l'air atmosphérique. Les différents milieux n'ont donc pas une influence directe sur les phénomènes du galvanisme ; or, ils n'agissent pas manifestement sur les métaux employés dans la chaîne; les différences que présente l'irritation galvanique dans les cas précédents, dépend donc du changement de rapport des métaux avec les organes.

Les phénomènes galvaniques ont été parfaitement semblables dans tous les liquides, excepté l'huile ; par exemple, dans le mercure, dans l'eau, dans l'esprit de vin, dans le sang, dans

---

* Aldini, *de anim. electric.* pag. 20, 24, 28, 30 et 50.

l'acide muriatique : tous ces liquides étant conducteurs, on peut expliquer aisément le peu de différence que présentent les expériences dans lesquelles on les emploie *.

Le nerf crural *f*, fig. 67, et son armature de zinc étant sous l'eau, si l'on met *b* en contact avec une pince d'argent *c*, on voit le muscle *a* se contracter sans qu'on l'ait touché avec la pince. On se tromperait si l'on croyait voir ici l'expérience sans chaîne **, qui a été décrite plus haut. La chaîne existe véritablement, parce que la couche d'eau *d* est conductrice entre *c* et *a* : c'est ce dont on peut s'assurer très-aisément, en plaçant le muscle à moitié dans l'eau et à moitié dans l'air. L'excitation musculaire n'aura lieu alors, que quand la branche de cette pince d'argent touchera l'organe lui-même ou l'eau, parce que sans cette condition il n'y a pas de chaîne.

Plusieurs physiciens ont prétendu que les métaux répandent dans l'eau une atmosphère active particulière : il paraît que cette observation a quelque rapport avec celle que j'ai faite

---

* Cavallo, complete tseatise on electricity, vol. 3, 1795. Pfaff, l. c. pag. 38.

** Voyez le commencement du chapitre.

sur l'action des substances animales à quelque distance. On a cru que les couches d'eau qui se trouvent auprès des métaux, éprouvent une décomposition, et que le gaz oxygène dégagé constitue cette atmosphère. Jusqu'à présent mes expériences n'ont nullement confirmé cette idée.

J'ai observé des contractions dans les animaux les plus faibles, les deux branches de la pince d'argent *c* étant sous l'eau et approchées à un pouce de l'organe; je n'ai point remarqué que ces contractions fussent plus fortes lorsque j'approchais, encore plus, *c* du nerf.

Nous avons l'avantage de faire les expériences dans l'air, qui est un fluide isolant. Sans cette circonstance, nous serions bien moins avancés dans la connaissance du galvanisme. Les expériences les plus délicates, celles sans chaîne, fig. 9 et 13, celles avec un métal couvert sur une de ses faces d'un fluide en vapeurs, ne peuvent réussir sous l'eau.

Nous avons considéré jusqu'ici les phénomènes galvaniques en eux-mêmes, sans avoir égard à l'espèce des êtres organisés qui les ont présentés; mais, comme les différences de combinaisons de la matière organisée se manifestent par la manière dont elle est affectée par des

irritants extérieurs, il ne sera pas inutile de considérer les caractères qu'elle présente sous ce rapport; d'ailleurs, j'aurai occasion, en traitant ce sujet, de faire connaître quelques observations particulières qui pourront être de quelqu'utilité pour la physiologie et pour l'anatomie comparée.

Les Plantes.

Je commence par ces corps organisés, regardés comme les plus simples, sans doute parce que leur structure n'est pas bien connue, et parce qu'on les compare aux grands animaux dont nous sommes environnés, plutôt qu'aux mollusques et aux zoophytes *.

En m'occupant depuis quelques années de la physiologie végétale, j'ai été engagé par plusieurs savants à faire l'application du galvanisme aux plantes; objet sur lequel *Schmuck* avait déja appelé l'attention. J'ai entrepris ce travail avec d'autant plus de plaisir, que les observations d'*Iberti* et de *Schmuck* ** ont été faites, selon *Pfaff*, avec trop de précipitation.

---

* V. *Flora Fribergensis*, pag. 151.

** Iberti, esprit des journaux 1794, tom. 3, pag. 210. — Schmuck, dans le recueil de Ludwig, *Scriptores nevrolog. min.* vol. 3, pag. 21. Pfaff, l. c. pag. 118.

Mais j'ai suivi sans succès les expériences les plus minutieuses et les plus pénibles pendant trois étés, sur les feuilles du *mimosa pudica L.* et de l'*hedysarum gyrans*, sur les anthères de l'*urtica pilulifera*, du *cactus opuntia* et du *berberis vulgaris*. J'ai employé beaucoup de *mimosa*, dépouillant les unes de leur épiderme pour leur appliquer plus immédiatement les métaux, cherchant à accélérer, dans d'autres, le développement des feuilles en les galvanisant; j'ai mis en contact de la chair musculaire fraîche et même des cuisses entières de grenouilles, avec les feuilles et les branches de ces plantes pour y faire passer le fluide galvanique; et il ne m'est jamais arrivé d'observer un phénomène qui ne pût s'expliquer par les lois connues de l'irritation mécanique.

Mais quand même on ne parviendrait pas à découvrir une influence évidente du galvanisme sur la fibre végétale, on ne pourrait en rien conclure sur la différence de l'organisation des fibres animales et des fibres végétales; la fibre irritable a été démontrée dans le règne végétal, par *Brugmann*, *Coulon* et *Van Marum*. J'ose me flatter d'avoir confirmé son existence dans ma physiologie chimique des plantes (65), d'avoir répandu un nouveau jour, par mes expé-

riences, sur l'origine, le mélange, la nutrition, l'incitabilité et l'irritabilité de la fibre végétale, et d'avoir mis son analogie avec la fibre animale, dans une plus grande évidence. Mais l'irritabilité d'un organe ne suffit pas pour que les phénomènes galvaniques puissent s'y manifester, il faut encore qu'il soit pourvu de fibres sensibles. L'absence des nerfs dans les végétaux et dans les vers a été regardée comme appuyant ce principe, que l'irritabilité et la sensibilité sont deux propriétés absolument séparées.

En lisant les ouvrages de *Haller* on voit que ce grand homme, qui savait si bien étudier la nature, n'avança cette assertion, qui était cependant conforme à ses idées favorites, qu'avec le plus grand ménagement et la plus grande réserve. Les successeurs de *Haller* se sont expliqués, sur ce sujet, d'une manière bien plus décisive. On a cherché à prouver l'existence de la fibre irritable dans les plantes, avec d'autant plus de soin, qu'on était porté à penser comme *Gahagan* *, « que l'irritabilité dans les animaux « était entièrement indépendante de l'énergie « nerveuse. » Le docteur *Croone*, physiolo-

* Observations on the irritability of plants. Duncan's Med. comentar. vol. 4, 1790.

giste très-ingénieux du collége de Gresham, regardait l'irritabilité et l'assimilation comme indépendantes de la force nerveuse, et il les désignait sous le nom de *vie simple*, qu'il attribuait aux plantes comme aux animaux *.

Mais sommes-nous autorisés à refuser absolument des nerfs aux végétaux, parce que nous n'y en avons pas découvert jusqu'ici ? N'avait-on pas avancé que les vers n'ont pas de nerfs? Cependant, comme je le démontrerai plus bas, il y a des fibres sensibles dans les plus petits vers qui habitent la mer. Combien n'a-t-on pas négligé jusqu'ici l'anatomie des plantes? Quels obstacles n'offre pas, aux observations, l'opacité de leurs parties? et encore, combien l'anatomiste n'y a-t-il pas découvert d'organes dont le physiologiste ne peut expliquer l'usage? La plupart des plantes attachées au sol, pourvues d'organes toujours ouverts, par lesquels elles sucent leur substance alimentaire, n'ont besoin ni de muscles pour saisir leurs aliments, ni de nerfs pour faire mouvoir de tels muscles. Leurs racines et leurs feuilles très-étendues, présentent beaucoup de surface, et

---

* The Croonian lecture on muscular motion, read at the roy. soc. 1788.

pourvoient à leur nourriture : elles présentent un tissu de vaisseaux très-variés, qui donnent passage aux sucs et à différentes espèces de gaz.

Mais si les végétaux ont des nerfs; si les fibres sensibles sont unies, chez eux, aux fibres irritables, où doit-on les chercher, si ce n'est dans les membranes des vaisseaux (66)? Si l'on fait attention à la petitesse des ramifications nerveuses qui environnent les artères du corps humain, on jugera des difficultés qui s'opposent à ce qu'on découvre quelque chose de semblable dans le règne végétal où nous distinguons à peine le cours de quelques vaisseaux, à l'aide des meilleurs microscopes, et encore des faisceaux de vaisseaux, mais non pas des vaisseaux séparés *. Ces difficultés sont encore augmentées par la densité du tissu des plantes **.

On conçoit les raisons sans nombre pour lesquelles l'irritation métallique doit présenter une inefficacité apparente sur les plantes. A quel phénomène devrait-on reconnaître l'effet du

---

* Hedwig, Diss. *de fibra vegetabili*, pag. 22; et sur l'existence problématique des nerfs des végétaux, Flora Fribergensis, pag. 152, §. 7.

** Sœmmering, Gefas lehre, §. 50; et Reil, l. c. pag. 41.

galvanisme sur des graminées ou sur un chou, si ce n'est à la contraction accélérée des parois des vaisseaux, à la circulation plus rapide des sucs, aux secrétions augmentées *? Or, comment apercevoir ces effets ?

Certains organes du corps humain, tels que les mammelons des reins, les tubes urinifères, l'iris, la matrice, sont irritables, sans que nous puissions y exciter des contractions visibles, au moyen d'irritations artificielles **. Le tissu cellulaire n'est pas plus apte à présenter des contractions à la manière des muscles, que le cerveau n'est apte à digérer, et l'estomac à préparer l'urine. Les substances vivantes ne peuvent offrir que les phénomènes propres à leur stucture et à la mixtion de leurs éléments. Nous voulons exciter, par l'irritation métallique, les parties de l'*hedysarum gyrans* ou du *mimosa pudica*, sans penser que la lumière est pour les stipules, dans ces plantes, comme pour les yeux, un irritant spécifique. Nous exigeons peut-être qu'elles obéissent à un stimulus, qui n'est point analogue à leur nature. L'électricité, dont l'influence sur ces végétaux très-irritables ne peut cependant

* Croone, l. c. pag. 24.

** Reil, l. c. pag. 67.

être contestée, est aussi incapable que le galvanisme, de faire ouvrir leurs feuilles affaissées.

Il est encore d'autres difficultés qui se réunissent aux précédentes. Si la fibre sensible existe dans les plantes, elle ne se trouve certainement pas à découvert sur l'épiderme. Cette membrane n'est, ainsi que d'autres parties des plantes, pas conductrice, ou elle ne l'est que très-peu. L'effet du galvanisme sur un pétiole intact, ne peut donc se propager jusqu'aux parties intérieures de la plante. Si l'on a recours aux incisions, l'effusion de fluide que l'on occasionne affaiblit les plantes et les assoupit : la très-grande mobilité des végétaux, par des secousses mécaniques, est encore un obstacle qui s'oppose à l'application du galvanisme. Les armatures adaptées aux feuilles, les déterminent à se fermer; elles font aussi incliner les anthères vers le pistil. Il est donc extrêmement difficile d'obtenir des résultats satisfaisants. On pourrait encore ajouter que tous les mouvements observés dans les végétaux sont involontaires, et que l'irritation métallique, chez les animaux, est plus faible dans les muscles dont l'action est involontaire, que dans ceux dont le mouvement est soumis à la volonté. Mais abandonnons ce vaste champ de

conjectures et d'hypothèses, pour nous occuper de véritables observations.

Les Vers.

Les expériences galvaniques n'avaient été tentées que sur un petit nombre de plus grands vers. *Pfaff** avait observé des contractions dans le limaçon noir, *limax ater. Fowler* croyait avoir observé le même effet sur le lombric commun, *Lumb. terrestris*; les expériences de *Ludwig* avaient été infructueuses **; des expériences faites avec le plus grand soin sur des sangsues, des moules et des ascarides n'avaient produit aucun effet. On commençait à en conclure que les expériences galvaniques ne réussissent que dans les animaux doués de véritables nerfs, et que la plupart des vers étant dépourvus de ces organes ainsi que les plantes, ils ne pouvaient présenter ces phénomènes.

Les découvertes importantes de *Presciani* et de *Mangili* ont mis fin à ces conjectures mal fondées. *Presciani* a découvert le systême nerveux dans des coquillages bivalves, et *Scarpa* m'a as-

---

* Pfaff, l. c. pag. 117.

** Ludwig, *scriptores nevrolog. min.* vol. 4, pag. 408, vol. 3, pag. 340.

suré que nos connoissances sur les nerfs du corps humain n'étaient guère plus parfaites que celles que *Presciani* a acquises sur les nerfs de ces animaux. Cet anatomiste s'occupe actuellement des astéries et des zoophytes. *Mangili* *, élève de *Scarpa*, a présenté avec précision la moelle épinière et les nerfs du mouvement de la sangsue et du lombric. Dans le siècle dernier, *Poupart* ** avait décrit les nerfs de la sangsue, il en avait même indiqué les ramifications les plus fines. Mais après lui *Morand* et *Dillenius* en ont nié l'existence. *Willis* ** a représenté le cerveau du lombric. *Abilgaard* (67) avait fait, de concert avec *Ratje*, des observations semblables à celles de *Presciani*, sans savoir les progrès que cette partie de l'anatomie avait faits en Italie. Ce naturaliste m'a dit avoir trouvé que l'organe appelé le pied, *pes*, dans les coquilles, par *Müller*, renferme un véritable cerveau. Cet organe présente, dans l'huître ordinaire et dans le *mytulus anatinus*, près des branchies, deux corps blancs, mous

---

* *De systemate nerveo hirudinis, lumbrici terrestris, aliorumque vermium, Josephi Mangili Epistola.* Ticini, 1795.

** Journal des savants, année 1693, n.° 28.

*** Willis, *de animâ brutorum.* 1675, tab. 4, fig. 1.

et unis, d'où partent un grand nombre de nerfs. La distance à laquelle ils sont des organes de la digestion, de l'estomac, des intestins et de l'anus, paraît offrir encore une analogie de situation avec le cerveau (68). Dans les actinies, les holothuries et les aplysies, qui sont du genre *bulla*, *Abilgaard* n'a pu apercevoir quelque chose d'analogue aux nerfs, quoiqu'il se soit procuré à Naples des individus d'une telle grosseur, que le peu de grandeur des parties ne pouvait être un obstacle à ses recherches.

Je suis parvenu, depuis mon retour d'Italie, à apercevoir les nerfs décrits par *Mangili*, et à y appliquer le galvanisme. Pour ne pas être induit en erreur en produisant une irritation mécanique lors de l'application des armatures, j'affaiblis l'excitabilité de ces animaux, par de légères commotions électriques, ou en les tenant plongés pendant quelque temps dans un mélange d'alcohol et d'eau. Je les soumis ensuite aux expériences galvaniques.

Ayant appliqué une feuille d'étain à la moelle épinière d'une sangsue, un conducteur d'argent produisit dans cet animal des contractions, et même l'extension de tout son corps: lorsque je plaçais l'armature sous les ramifications ner-

veuses fines sortant de la moelle épinière, il n'y avait que quelques anneaux abdominaux qui se contractassent.

Tous ces phénomènes cessèrent aussitôt que l'animal fut tué par l'immersion dans l'alcohol, et privé par conséquent de son irritabilité.

Les lombrics, dont les mouvements sont naturellement plus vifs que ceux des sangsues, furent affectés plus fortement par l'irritation métallique. L'irritation de la moelle épinière près de sa terminaison, n'occasionna d'abord que des contractions partielles dans les muscles voisins ; mais elles se propagèrent en peu de secondes, et sans employer d'autres stimulants, dans tout le dos et jusqu'à la bouche. Cet effet fut encore plus marqué dans le lombric tacheté, *lombricus variegatus*, que dans le lombric commun.

Le genre des *helix* m'a fourni des expériences remarquables. J'ai employé les trois espèces les plus connues dans notre pays, qui sont l'*helix pomatia*, l'*helix nemoralis*, l'*helix hispida.*

Après leur avoir coupé la tête, si je laissais la moelle épinière en contact avec le cerveau, je faisais mouvoir les deux mâchoires (69), en appliquant des armatures à ces parties.

J'ai vu quelquefois les tentacules s'alonger et se retirer, pendant le contact des métaux ; le mouvement des yeux a aussi été provoqué en appliquant les pièces de l'appareil galvanique seulement aux tentacules tronqués.

Une commotion électrique très-forte rendait ces animaux insensibles à toute espèce d'irritation.

En les examinant avec un microscope qui grossit 312000 fois, je n'y ai découvert aucun indice de filets nerveux. Ces filets s'entortilleraient-ils autour des vaisseaux délicats d'un brun foncé, que j'ai vu ramper dans les parois de quelques canaux ? Le renversement des yeux et l'alongement des tentacules seraient-ils dus à un reflux des sucs dans les vaisseaux, comme l'érection de la verge et le redressement de l'aigrette du *phoca cristata* ?

J'ai vu dans l'*helix pomatia*, le canal alimentaire dont les mouvements sont sans doute involontaires, se contracter par l'irritation métallique. L'œsophage de cet animal présente une membrane villeuse, puis une seconde membrane glanduleuse qui surpasse en beauté tout ce que j'ai observé au microscope : cette membrane est formée d'un tissu dense où serpentent des vaisseaux qui se croisent à angles droits, et

qui présentent des papilles élevées dans leurs entrecroisements. Lorsqu'on découvre cette membrane avec promptitude, on y observe (70) des mailles qui se resserrent et s'élargissent près de l'épingle qu'on emploie à cette préparation. Les papilles saillantes réfléchissent au soleil, comme les yeux composés des mouches, des rayons bleu et or magnifiques. Ces papilles serviraient-elles à aller à la rencontre des aliments dans l'œsophage, à en absorber une partie pour la nutrition ?

Le limaçon des vignes présente, sous l'épiderme, des élevations où est sécèrné le mucus dans lequel cet animal est, pour ainsi dire, enveloppé; elles se meuvent lorsqu'elles éprouvent l'irritation métallique, leur épiderme étant nouvellement enlevé. On voyait très-distinctement au microscope, que chaque élevation présentait des mouvements séparés; circonstance qui est certainement très-remarquable. Je crus d'abord que les contractions partielles étaient dues à l'atonie de quelques-unes de ces élévations; mais elles furent toutes visiblement irritées, le stimulus étant dirigé immédiatement sur elles. Cette observation fait concevoir une certaine indépendance entre les différentes parties de cet animal qui est doué d'une faculté reproductrice si forte. Selon toutes les apparences, chaque

papille est pourvue d'un faisceau de nerfs particulier.

Je ne suis parvenu qu'à Venise et à Gènes à me procurer la sèche officinale assez fraîche pour la soumettre à des expériences galvaniques: la grande chaleur qui régnait alors, était cependant très-contraire à ces essais. La plupart des sèches qu'on prenait dans le Lido, ou près de Palanza et de Palestrina, étaient mortes avant d'être apportées à la ville.

J'adaptai une armature à la peau fibreuse disposée en forme d'anneaux de la base des suçoirs. *Swammerdam* et d'autres physiciens *, avaient déja regardé ces anneaux comme des muscles, et ils avaient connu leur action sur les cavités des suçoirs. Je remarquai effectivement que ceux-ci se rétrécissaient lorsque je touchais leur bord avec la pince d'argent; mais l'irritation mécanique n'y occasionnait pas le moindre mouvement. Ce qui m'a paru très-constant, c'est qu'une seule application d'un métal semblait épuiser toute l'irritabilité de ces suçoirs; en essayant le galvanisme une seconde fois, je n'obtins jamais aucun effet. L'irritabilité des sèches

* Schneider's Samlung vermichter abhandlungen zur Aufklahrung der zoologie etc. 1784, pag. 13.

paraît être en raison inverse de leur faculté reproductrice. Il y a peu d'animaux, même parmi ceux à sang chaud, qui perdent aussi promptement les restes de leur vitalité. Dans quelques espèces de sèches, la mort suit de près un seul accouplement, comme *Aristote* l'avait remarqué; elles ont en cela de l'analogie avec les papillons et avec les plantes annuelles.

Les phénomènes galvaniques ont réussi dans les plus petits vers aquatiques *. J'ai découvert très-distinctement la moelle épinière dans le *nais proboscidea:* elle s'épanche, lorsqu'on coupe la tête de ce vers avec un instrument bien tranchant: de profil, on la distingue très-facilement du tissu cellulaire gélatineux qui se trouve au dessous, et on peut suivre, à l'aide d'un bon microscope, un prolongement nerveux blanc, jusqu'à l'anus. Lorsque le microscope est bien éclairé, la couleur de ce prolongement tranche très-visiblement sur l'intestin qui est noir. Dans les deux premiers segments en forme de trompe, qui avoisinent la tête, j'ai remarqué deux filets nerveux très-fins qui sortent de la moelle épinière. Peut-être chaque segment est-il pourvu

* O. F. Müller, von Würmern des süssen und salzigen Vassers, pag. 14, tab. 1, fig. 1-4.

de semblables filets; mais les deux premiers peuvent être les plus forts, parce que la naïade, en nageant, se courbe principalement dans cet endroit avant de s'élancer en ligne droite. Lorsque je faisais sortir la moelle épinière de cet animal en la comprimant, et que je la mettais en contact avec du zinc, j'apercevais, sans le secours du microscope, des contractions dans son bas-ventre, si j'établissais communication entre cette région et le zinc, avec de l'argent. De simples irritations mécaniques ne donnèrent lieu à aucun mouvement, et les contractions galvaniques devinrent bien plus foibles, lorsque le zinc ne fut point mis en contact avec les parties disséquées de l'animal, mais simplement avec ses soies latérales.

Ces expériences ont également réussi sur deux autres espèces de naïades, le *nais barbata*, et le *nais vermicularis* *; dans le premier, le filet nerveux était très-visible dans toute la longueur du corps.

La présence de la fibre sensible dans les naïades est remarquable à plus d'un égard; ils ressemblent, quant à leur mode de reproduction, à la lentille d'eau, *lemna*, près des racines de laquelle

* O. F. Müller, l. c. tab. 3, fig. 1 et 3, pag. 80, tab. 4. fig. 1. Linnée, syst. nat. édit. Gmelin, tom. 1, fig. 6.

ils se tiennent cachés pour saisir leur proie. La fécondation se fait chez eux par la réunion des deux sexes, comme celle de la plante qui vient d'être nommée; et ils donnent * aussi des rejetons formés par le prolongement du dernier segment de leur corps, qui se détache au bout de quelque temps pour avoir une existence séparée. Ces petits animaux se rapprochent donc d'une part des zoophytes et des plantes ; de l'autre, ils tiennent, par leur système nerveux, aux reptiles et aux amphibies.

Il est une autre circonstance qui mérite aussi de fixer l'attention du lecteur. Les naïades surpassent, par leur faculté reproductrice, tous les lombrics et toutes les sangsues que nous connaissons. L'observation qu'on croyait avoir faite précédemment, que la régénération des parties s'opère plus aisément dans les vers réputés sans nerfs que dans les animaux qui en sont pourvus, avait fait croire que la fibre sensible avait une influence nuisible sur la reproduction **. L'on voit que cette assertion est contredite par les nerfs des *limax*, des *helix*, des *hirudo*, des *lumbricus*, des *mytulus*, des *sepia* (71) et des *nais*.

---

* Schranck, Baier. Flora.

** Külmeyer, l. c. pag. 35 et 15.

Des naïades je passe aux lernées. Les ovaires en forme de grappes, séparés du corps, que cet animal traîne après lui, avaient, depuis long-temps, excité mon attention. Je fis des expériences galvaniques, et je réussis à faire mouvoir les tentacules du *lernæa cyprinacea* au moyen du zinc et de l'or; mais les expériences comparatives que je fis avec le zinc et le fer ne donnèrent aucun résultat satisfaisant, lors même que l'animal était placé, encore très-vif, sur le plateau de verre.

Mes essais sur les ovaires furent infructueux. Il paraît même que l'animal ne peut pas les remuer pendant sa vie; ils sont couverts d'une peau dure presque comme de la corne.

Quand on communique à cet animal des commotions électriques qui s'étendent depuis sa bouche jusqu'à la soie de sa queue, à travers ses ovaires, le galvanisme devient inefficace. Il est probable qu'il existe un tronc nerveux qui suit cette direction, et que la commotion qu'il reçoit occasionne la paralysie. Si je donnais le coup électrique de manière qu'il s'étendît de la bouche à un des ovaires seulement, les tentacules étaient paralysées, mais les soies de la queue qui n'avaient pas été atteintes par l'électricité restaient sensibles aux impressions du

galvanisme. Cette expérience qui demande une certaine adresse, le coup électrique étant dirigé au moyen d'épingles, est véritablement très-frappante. Elle sert à prouver une sorte d'indépendance entre les différents organes de cet animal aquatique. J'ai observé que lorsque la bouteille électrique était très-chargée, l'un des ovaires se détachoit, tandis que la soie de la queue conservait son irritabilité.

Les lernées présentent encore aux physiologistes, deux questions intéressantes.

Il est peu d'animaux aquatiques qui nagent avec autant de rapidité et de souplesse; leurs ovaires roides et immobiles occupent cependant presque les deux tiers de leur corps. L'impulsion qu'ils se donnent est-elle donc due à un mécanisme particulier des muscles abdominaux? Leurs tentacules ne paraissent servir, ainsi que leurs soies, qu'à diriger le corps en nageant.

Parmi ces animaux, tous les individus ont des ovaires très-distincts, et ils sont par conséquent aptes à avoir des petits. Possèdent-ils des organes mâles avec ces organes femelles? Et de quelle manière se fait l'accouplement dans ces hermaphrodites? La privation d'un des ovaires, occasionnée par une commotion électrique qui ne traverse pas tout le corps de l'animal, ne paraît

pas nuire à la vivacité du *lernæa cyprinacea*. Je n'ai cependant pas trouvé cette partie régénérée après quatre décades.

J'ai prouvé l'existence des fibres sensibles par l'irritation métallique, jusques chez les animaux qui vivent dans l'intérieur d'autres corps organisés, privés de lumière, comme le sont les plantes souterraines; je les ai vues dans les *ascarides* et les *tœnia*. Ayant armé avec de l'or et du zinc le corps d'un *tænia infundibuliformis*, tiré d'un canard, et celui du *tænia pesseris* à courtes articulations décrit par *Pallas* *, j'ai vu distinctement les crochets de la bouche s'ouvrir et se refermer, et l'expérience a été faite dans un moment où l'irritation mécanique ne produisait plus de mouvements.

J'ai remarqué le même phénomène, mais moins distinctement, dans l'*ascaris trachealis* et l'*ascaris insons*, deux espèces que l'on trouve très-fréquemment dans les poumons des crapauds et des grenouilles, pendant les grandes chaleurs de l'été.

J'ai vu dans l'*asoaris thachealis*, à l'aide d'une simple loupe, le dos, et même une fois la bouche se mouvoir.

---

* Pallas, nordische Beitræge, vol. 1, pag. 87, n.° 10.

Il m'a paru constant que l'*ascaris insons* meurt très-vîte dans l'eau ou dans le sang, tandis que l'*ascaris ranæ* qui est une espèce plus commune, reste assez longtemps vivante dans ces deux fluides. Doit-on attribuer cette différence à celle des gaz qui se trouvent dans les poumons et dans les intestins ? Mes expériences ne sont pas assez nombreuses pour décider cette question. Les premiers de ces organes sont remplis d'un mélange de gaz azote et de gaz oxygène, les derniers contiennent des gaz acide carbonique et hydrogène. L'oxygène serait-il un aliment très-nécessaire pour l'*ascaris insons*, tandis que *l'ascaris ranæ* n'aurait besoin que d'une extrêmement petite quantité d'oxygène pour respirer (72) ? On peut accélérer, pendant quelques minutes, les mouvements des ascarides, avec l'acide muriatique oxygéné. Mais bientôt après, la surirritation produit la mort, comme je l'ai observé dans l'ascaride microscopique du lombric déja connu par le dessin que *Gleichen* en a donné ; cet ascaride fut tué subitement avec une goutte de cet acide.

Les Insectes.

Blumenbach a galvanisé la chenille du saule (73), *Phalæna cossus* L., et *Autenrieth* a gal-

venisé le scorpion, sans produire de contractions. *Pfaff* a mieux réussi avec quelques espèces de scarabées, avec des grillons et des écrevisses *; mais il s'est borné à appliquer des armatures à certaines parties intérieures de ces animaux qu'il supposait être des muscles, sans s'occuper de chercher des nerfs.

Le peu de connaissances acquises sur les nerfs des insectes m'a déterminé à faire, depuis trois ans, des recherches sur les fibres sensibles de ces animaux. Comme il résulte des observations les plus exactes que l'irritation galvanique n'agit que sur les nerfs, j'ai osé me flatter de parvenir à distinguer les nerfs des vaisseaux en réunissant les secours de cette irritation à celui du microscope. Ce qui a été désigné comme fibres sensibles par *Swammerdam* à qui *Haller* (74) s'en est rapporté dans sa physiologie, est d'une nature jusqu'à présent assez problématique, et l'immortel ouvrage de *Lyonnet* ne nous fait pas connaître une seule veine dans la chenille.

Plusieurs considérations portent à croire que la grande irritabilité (75) qu'on admire dans les insectes, y est unie à une force nerveuse qui lui est proportionnée.

---

* Pfaff, l. c. p. 115. Journal de Gren, vol. 8, p. 396.

Je ne citerai, à l'appui de cette idée, que les effets de l'alcohol et de l'électricité, que *Fontana* a reconnus sur la fibre sensible seulement. Ses belles expériences nous apprennent qu'il n'est presque aucune substance qui produise l'atonie aussi promptement que l'alcohol pur.

Quelque vrai que soit ce fait en lui-même, il faut cependant remarquer, comme je le ferai connaître plus bas, que l'atonie qui a lieu dans ce cas n'est que l'effet d'une sur-irritation, et que l'alcohol n'agit, ainsi que l'opium et l'arsenic, que comme excitant et sthénique. Plus la fibre nerveuse est incitable, moins on peut distinguer l'action sthénique de ces substances, parce que la plus petite dose suffisant alors pour produire une sur-irritation, l'organe sensible passe très-rapidement de la vitalité exaltée, à la débilité indirecte.

Il est vrai que les effets de l'alcohol ne se manifestent pas aussi promptement sur les insectes coléoptères que sur les vers nus, dont quelques-uns peuvent être tués, par l'effet de cette substance, aussi promptement qu'ils le seraient par un coup électrique. Cependant l'atonie a ordinairement lieu, dans les coléoptères, en 15 ou 20 minutes.

J'ai vu le *cerambyx cerdo* et le *cerambyx ædilis* se roidir après avoir été renfermés pendant une demi-heure dans un flacon, où il était resté quelques gouttes d'alcohol distillé avec du carvi. Les étuis de ces insectes n'étaient que légèrement humectés, et je suis persuadé que l'atonie provenait plutôt des particules odorantes répandues dans le flacon, que du liquide lui-même. Ils étaient devenus si immobiles, que je les pinçai, que je les tiraillai, et même que je les électrisai assez fort, sans qu'ils fissent le moindre mouvement. Je les croyais entièrement morts, lorsque les ayant laissés exposés au soleil pendant deux heures, je les vis, à mon grand étonnement, revenir à la vie. Il parut que l'alcohol s'étant évaporé, l'atonie des nerfs avait disparu. Ces animaux semblaient sortir d'un profond sommeil, et se réveiller dans un état d'ivresse; deux heures et demie plus tard, ils marchaient encore lentement, sous la cloche où ils étaient placés.

La même expérience réussit sur des mouches ordinaires. Lorsqu'on les place dans une goutte de ce liquide, de manière que leur tête et les deux hémisphères de leurs yeux se trouvent à l'air, et qu'il n'y ait d'humecté que leur ventre et leurs pattes, elles sont atteintes d'une mort

apparente, au bout de deux ou trois minutes, et on ne remarque plus aucune contraction dans les pattes.

Plusieurs individus, chez lesquels la sur-irritation avait été trop forte, sont réellement morts; d'autres ont été rappelés à la vie, au bout de douze à quinze minutes.

Je passe sous silence une suite d'expériences par lesquelles on peut accélérer le retour de la vie dans ces mouches; telle est l'immersion dans l'acide muriatique oxygéné très-affaibli: je supprime aussi des observations qui m'ont convaincu que le retour de l'irritabilité se fait d'abord apercevoir dans les extrémités postérieures. Il me suffit d'avoir prouvé, par l'effet très-marqué de l'alcohol sur les insectes, qu'ils sont doués de fibres sensibles très-énergiques.

Cette classe d'insectes paraît aussi très-sensible à l'action d'un autre excitant, de l'électricité. J'ai vu la larve du hanneton mourir promptement, par l'effet de commotions électriques très-faibles. L'influence de l'électricité de l'atmosphère sur les écrevisses d'eau douce, et le danger qu'elles courent aux approches d'un orage, sont d'ailleurs assez connus des habitants de la campagne.

Je ne suis parvenu à suivre, dans aucun

insecte, les nerfs avec autant d'exactitude que dans le *cerambyx cerdo*. La grosseur des fibres sensibles de la grenouille nous étonne; mais celle des mêmes fibres dans ce *cerambyx* est bien plus considérable, en proportion de sa grandeur.

Il est à remarquer que la loi relative aux proportions de la masse du cerveau et de la grosseur des nerfs, observée par *Sœmmering* (76), s'étend jusqu'aux insectes. Les plus grands nerfs du *cerambyx cerdo*, qui se propagent dans ses extrémités postérieures, sont plus gros que des On aperçoit à leur surface, à l'aide d'un crins. microscope, un tissu strié, et nullement ces espèces de spirales qui caractérisent en général les nerfs des grands animaux. Mais en coupant ces nerfs en deux, j'ai vu sortir de leur centre une substance médullaire d'un blanc de neige, qui paraissait comme exprimée de l'intérieur d'une espèce de gaine : cependant les nerfs de ces animaux ne sont peut-être, comme ceux du corps humain, qu'un assemblage de plusieurs tubes; la blancheur de leur substance médullaire tranchait d'une manière très-marquée avec la couleur grise-jaunâtre de la chair musculaire.

Je n'ai pu découvrir, dans celle-ci, la moindre fibre à l'aide du microscope; mais je présume

qu'en la traitant avec l'acide nitreux, selon la méthode de *Keil*, je parviendrai à apercevoir dans ces muscles une texture fibreuse, telle que celle que j'ai observée dans le cristallin. L'anatomie d'un autre insecte, de l'écrevisse, nous fait voir, sans employer l'acide nitreux, des muscles composés de faisceaux de fibres très-distincts.

Le cerveau du *cerambix* est sans doute quelque chose de plus que ce simple tubercule nerveux que plusieurs physiologistes ont supposé tenir lieu de cet organe chez les insectes. Il est très-distinctement partagé en deux par un sillon fort apparent. En le coupant horizontalement, on y distingue, à la loupe, plusieurs couches d'un blanc de lait, ou d'un gris jaunâtre (78). Par ces sections la partie grise disparaît, et la partie blanche ou médullaire ressort, ce qui indique que le cerveau a, à l'extérieur, des espèces de sillons, et dans l'intérieur une substance qui ne forme qu'une seule masse.

Il est encore très-remarquable, qu'outre les nerfs optiques, les nerfs des deux pattes antérieures naissent immédiatement du cerveau. La situation de ces pattes paraît nécessiter cette origine, à laquelle on ne trouve rien d'analogue dans les grands animaux. De chaque côté du

cerveau naissent sept à huit filets nerveux très-forts, qui descendent jusqu'à l'endroit où est emboîtée la partie supérieure de la patte de devant. En ouvrant cette articulation, de manière à n'enlever que l'enveloppe cornée, on voit ces nerfs se réunir et former une anse qui ressemble à un ganglion ; les fibres nerveuses sont bien moins nombreuses dans la partie supérieure de cette patte que plus bas. J'en ai compté à peine trois, de grosseur inégale et sans ramifications, qui descendent jusqu'à l'articulation voisine; et j'ai pu distinguer, avec la loupe, des filets qui s'étendent jusqu'aux dernières extrémités des crochets. Le diamètre et le nombre des filets nerveux est très-considérable, en proportion de la petite quantité de chair musculaire qui se trouve dans ces membres. Cette circonstance répand quelques lumières sur la grande énergie de la force musculaire que les insectes exercent en courant. L'origine manifestement fibreuse des nerfs du sentiment et du mouvement qui sortent du cerveau, et l'épaisseur qu'ils présentent, me semblent mériter attention.

Les nerfs du *cerambyx cerdo*, du *blatta orientalis*, du *lucanus cervus*, et ceux de plusieurs autres coléoptères que j'ai disséqués, ont cela de commun avec les nerfs des grands animaux,

qu'ils résistent longtemps à la putréfaction ; aussi, un bon moyen de les séparer de la chair musculaire, c'est de dépouiller les membres de leur enveloppe cornée, et de les abandonner ensuite à la putréfaction. J'ai encore trouvé que l'élasticité des fibres sensibles est très-considérable dans le *lucanus cervus*. Cette propriété ne doit-elle pas faire soupçonner que ces fibres ont une enveloppe membraneuse ?

Lorsqu'on applique des armatures métalliques (79) à la partie supérieure du cerveau dans les insectes, dans les animaux à sang chaud ou dans les amphibies, on n'occasionne aucune convulsion, parce que chaque organe ne peut manifester que l'espèce d'énergie qui lui est propre, d'après son organisation particulière, et que le sensorium n'est pas plus destiné à l'exercice du mouvement qu'à la digestion. Un excitant tel que le galvanisme serait-il apte à occasionner des idées ou à les interrompre ? Cette question sort des bornes de l'observation.

Si l'on découvre les nerfs moteurs dans un insecte, par une incision horizontale près de l'endroit où ils naissent du cerveau, et si on y applique des armatures, il en résulte des contractions très-fortes dans les extrémités, quand même les métaux ne touchent que la fibre nerveuse *a*

r t, fig. 8. J'ai fait durer ces contractions pendant plus de 20 minutes dans le *cerambix*, et on peut les prolonger trois fois aussi longtemps si l'on emploie l'acide muriatique oxygené, avec lequel on procure au nerf une excitabilité artificielle.

L'endroit le plus convenable pour faire cette expérience est la première anse formée par les nerfs. En détachant cette anse de la cavité dans laquelle elle se trouve engagée fermement, on peut traiter la cuisse de cet insecte de la même manière que la cuisse d'une grenouille. L'expérience avec l'haleine a très-bien réussi sur elle; la fibre sensible paraît donc soumise aux mêmes lois dans toute la nature.

J'ai cherché à faire la ligature des nerfs des insectes, avec un cheveu; mais cette expérience ne m'a point réussi, parce que le cheveu coupait le nerf et détruisait son organisation.

Mais est-il bien certain que ces filets d'un blanc jaunâtre (80) sont des faisceaux de nerfs? n'est-ce pas plutôt des vaisseaux destinés à l'assimilation?

Pour décider cette question, je disséquai un morceau de cette pulpe gélatineuse, mais je n'y découvris aucun fluide, même à l'aide de la loupe; je le détachai de la cuisse; il

avait la forme d'une petite bandelette; j'y appliquai une armature de zinc, et je cherchai à y exciter le galvanisme au moyen de l'argent; tout resta en repos. Mais à peine un des filets blancs eut-il touché le zinc, que tous les phénomènes du galvanisme se présentèrent. Il me paraît que c'est une preuve suffisante de l'existence des nerfs dans ces animaux.

La grosseur des faisceaux de nerfs dans les insectes, relativement à celle de leurs vaisseaux, ne doit pas étonner, car on observe à peu près la même chose dans les amphibies. Plus les animaux s'éloignent de l'homme, plus les nerfs destinés aux mouvements volontaires sont gros, et plus les vaisseaux destinés à la circulation et à la nutrition sont petits en proportion (81). Il n'est donc pas étonnant qu'ils aient, jusqu'à présent, échappé à la vue dans un si grand nombre de petits insectes et de vers aquatiques. Nous distinguons dans plusieurs genres de ces animaux, une espèce de grand sac alimentaire présentant des contractions, mais non pas les canaux plus ténus qui préparent le suc nourricier et qui le distribuent.

Parmi les orthoptères le *blatta orientalis*, qui est remarquable par la rapidité de sa course, est singulièrement propre aux expériences galva-

niques. Sa grande agilité, qui est le résultat d'une force musculaire et nerveuse extraordinaire, le faisant presque toujours échapper à la poursuite de ses ennemis, il s'est propagé en Europe plus que dans l'Asie, son pays natal.

On voit dans la partie supérieure de ses membres postérieurs, un nerf très-fort qui naît du cerveau, qui est bifurqué à son commencement, et qui se réunit ensuite et forme un plexus. Les armatures d'or et de zinc m'ont procuré les phénomènes les plus marqués. Un seul contact des métaux suffisait pour occasionner deux ou trois secousses consécutives, et même la cuisse se soutenait en palpitant en l'air, pendant plusieurs secondes. Quelle analogie ces faits ne montrent-ils pas entre la substance animale renfermée sous l'étui corné d'un insecte, et celle qui est recouverte par les téguments délicats de l'homme! « La palpitation est un phénomène que l'on ne remarque dans aucune autre partie animale, que dans la fibre musculaire vivante (82). ».

En galvanisant la moelle épinière du *blatta orientalis*, au moyen de l'argent et du charbon bien brûlé, je vis la partie postérieure du corps l'animal de remuer en tous sens.

Parmi les hyménoptères, l'abeille commune a surtout fixé mon attention par la proportion de son cerveau à ses nerfs. Le premier est très-considérable relativement à la grandeur de l'animal ; il a deux lobes, et il est visiblement composé d'une substance grise et d'une substance médullaire blanche. On voit très-distinctement dans ce cerveau, l'endroit où le nerf optique prend naissance. Mais combien les nerfs du mouvement des cuisses de cet insecte sont difficiles à distinguer !

Si l'on compare la distribution de la substance nerveuse dans le *cerambyx* qui a de gros nerfs, et dans l'abeille qui a un grand cerveau, on y voit la confirmation de l'idée que nous avons des facultés intellectuelles de l'abeille (83).

L'irritation galvanique ne parut produire qu'un très-faible effet sur ses organes du mouvement ; mais les expériences que je fis avec les cuisses de la grande guêpe, *vespa crabro* L., produisirent plus d'effet. Quatorze heures après avoir coupé sa tête, j'excitais encore des palpitations dans ses membres, par le galvanisme. Cependant je ne suis pas parvenu à voir le nerf de la cuisse de cette guêpe distinctement, quoique sa position parût bien indiquée, par cette circonstance qu'il n'y avait de mouvements,

que lorsque certaines portions de la pulpe étaient armées.

Les étuis de substance cornée des coléoptères paraissent aussi isolants que le verre et la cire d'Espagne dans les expériences galvaniques. Pour faire des expériences sur ces insectes, j'étais obligé d'armer le nerf avec des métaux, et de mettre à nu la chair musculaire; plusieurs espèces d'écrevisses manifestent dans les articulations des pattes et des pinces, une sensibilité très-remarquable.

J'avais recueilli sur le Lido, à Venise, plusieurs espèces de crabes, entre autres le *C. pagurus* et le *C. mænas*. Ils périrent promptement dans l'eau douce, et ils parurent si insensibles à toute irritation, qu'aucun stimulant mécanique n'y provoqua des mouvements. J'enfonçai deux petites lames étroites, l'une de zinc et l'autre d'argent, dans les jointures conservées intactes de la pince droite et du pied de derrière du côté gauche. Tout resta alors dans le repos le plus parfait. Mais à peine ces deux métaux furent-ils mis en contact, que les parties éprouvèrent les contractions les plus vives. Cet animal couvert d'écailles a donc, dans les jointures, des nerfs à découvert.

Ces articulations présentent encore un autre

phénomène qui n'est pas moins remarquable, et auquel je ne connais rien d'analogue dans tout le règne animal.

La première partie d'une patte d'écrevisse étant détachée, si l'on irrite mécaniquement la plaie, il dépend de l'animal de laisser échapper la seconde articulation, et de la faire sauter, tout le reste du corps paraissant en repos. Il est difficile d'expliquer le genre de mouvements musculaires de cet animal, et la structure des parties unies organiquement, dont la continuité peut-être détruite avec tant de facilité. La manière dont le *cancer rur icale** lâche ses pinces, a quelque rapport avec ce phénomène. Si, ayant placé dans la bouche du *cancer pagurus*, un morceau de zinc, j'appuyais un conducteur d'argent sur les yeux, je les faisais mouvoir. Ces expériences exigent la plus grande précaution, car souvent ces crabes paraissent morts; et, par une irritation mécanique, ils se relèvent promptement et cherchent à se défendre.

Le crabe connu sous le nom de *Bernard l'hermite*, fut tué en le plongeant dans l'eau douce; je cassai le *buccinum echenophorum* dans

* Herbst, Naturgeschichte der Krabben, tom. 2, pag. 119, n.° 37.

lequel la queue est renfermée; et, en lui appliquant deux armatures métalliques, non-seulement sa partie postérieure se mit en mouvement, mais aussi la pince droite, par une sympathie nerveuse très-remarquable.

Poissons.

Lorsqu'on connaît l'organisation nerveuse magnifique des poissons, soit par l'ouvrage de *Monro*, ou mieux encore après les avoir disséqués, on est convaincu *à priori* que cette classe d'animaux est extrêmement propre aux expériences galvaniques. Je me souviens d'avoir galvanisé l'anguille ordinaire, *muræna anguilla*, l'*ammodytes tobianus*, qui est remarquable par sa structure particulière, *le perca lucioperca*, le *perca cernua*, le *cobitis fossilis*, le *cyprinus tinca* et le *cyprinus carpio*. Il est très-facile d'appliquer des armatures à la moelle épinière et aux nerfs qui se distribuent aux nageoires et à la mâchoire inférieure de ces animaux.

Quoique dans les poissons les contractions ne durent pas aussi longtemps que dans les amphibies, elles sont cependant chez eux plus fortes et plus vives (84). Chez des animaux où la substance nerveuse est principalement concentrée dans le cerveau et dans la moelle épinière,

sans s'étendre latéralement dans des membres; le peu de mouvement musculaire qui est exercé doit être extrêmement fort (85).

J'ai vu des poissons auxquels on avait coupé la tête une demi-heure auparavant, frapper avec la queue étant galvanisée, de manière que tout le corps sautait assez haut sur la table où ils étaent posés.

Lorsque j'exaltais leur incitabilité, au moyen des dissolutions alcalines, ou de l'acide muriatique oxygené, j'avais de la peine à m'en rendre maître, surtout lorsque je faisais les expériences sur des anguilles ou sur des tanches. Le moindre contact des métaux les faisait s'élancer très-loin.

Si l'on fait attention à l'analogie du fluide électrique avec le galvanisme, on sera peut-être peu surpris de voir les poissons surpasser, dans ces phénomènes, les amphibies. On connaît l'anguille électrique, la torpille, et un grand nombre d'autres poissons électriques nouvellement découverts dans la mer du Sud. Ne sait-on pas qu'un éclair qui frappe la surface d'un étang peut faire périr les poissons?

Je passe sous silence les expériences ordinaires faites (86) avec les nageoires et la moelle épinière. Quelques autres plus délicates que j'ai

faites sur le cœur de ces animaux et sur la sympathie de leurs nerfs optiques, seront rapportées dans le chapitre suivant.

Abilgaard a galvanisé à Naples, la torpille, *raia torpedo*, et il n'y a observé aucune irritation particulière.

CHAPITRE IX.

Des amphibies. — Leur sommeil d'hiver augmente leur incitabilité. — Causes de ce phénomène. — L'exercice des facultés intellectuelles débilite les fibres musculaires et les vaisseaux sécrétoires. — Décompositions qui peuvent avoir lieu dans le cerveau, simultanément avec la pensée. — Chaleur des grenouilles. — Observations physiologiques sur les grenouilles, sur les crapauds et sur les tortues. — Des oiseaux. — Galvanisation du poussin dans l'œuf. — Des animaux mammifères. — Phénomènes observés dans l'homme. — Par quelles anastomoses nerveuses le galvanisme affecte-t-il l'organe de la vue? — Essais de Volta *sur la langue. — Sympathie dans un sens inverse entre le nerf nasal et le nerf maxillaire supérieur. — Toutes les saveurs métalliques sont peut-être des effets du galvanisme. — Expériences dans les cavités nasales, dans l'alvéole d'une dent, sur des plaies à la main, sur des vésicatoires. — Prompt changement qu'elles ont occasionné dans la nature de la sérosité. — Qualité corrosive*

qu'elles lui ont donnée. — Conséquences physiologiques qu'on en peut tirer. — Application de ces observations aux phénomènes que le tact présente. — Effets produits sur l'origine des nerfs, dans le cerveau. — Lueurs apparentes occasionnées en établissant communication au moyen de deux métaux entre la bouche et l'anus. — Comment on peut rappeler à la vie des oiseaux frappés d'une mort apparente. — Expériences de Grappengiesser, *relatives à l'influence de l'irritation des nerfs sur les mouvements péristaltiques du canal intestinal. — Conclusion qu'on peut en tirer. — Le cœur et d'autres muscles involontaires sont affectés par l'irritation métallique. — Considérations sur les nerfs du cœur.*

Amphibies.

C'EST dans cette classe d'animaux que les phénomènes du galvanisme ont été découverts et qu'ils ont été observés le plus souvent *. Les grenouilles ont surtout fixé, pour leur malheur, l'attention des physiologistes, parce qu'on peut se les procurer partout en quantité, qu'elles sont douées de nerfs très-forts, qu'elles possè-

---

* Pfaff, l. c. pag. 114.

dent une irritation presqu'indestructible, que la chair de leurs muscles est nette et propre, et que leur corps est presque transparent. L'usage que *Haller*, *Rosel*, *Spalanzani* *, et avant eux *Nollet*, avaient fait des grenouilles, n'était qu'un faible avant-coureur de ce qui les attendait à la fin du XVIII.me siècle dans toutes les parties de l'Europe, et dans l'Amérique septentrionale.

J'ai observé précédemment que les grenouilles femelles étaient beaucoup plus sensibles que les mâles, et que le moment le plus favorable pour faire les expériences sur ces animaux, était celui où on les tire de leur sommeil d'hiver par le moyen de la chaleur douce d'un appartement. J'ajouterai quelques observations, à ce sujet, que j'ai eu occasion de recueillir pendant trois hivers de suite.

Les physiologistes qui supposent l'existence d'un principe d'irritabilité matériel et particulier, prétendent que de même que les facultés sensibles augmentent pendant un sommeil tranquille, l'irritabilité s'accumule dans les muscles pendant l'engourdissement d'hiver. Je pourrais obser-

---

* Spallanzani, Essais sur la génération des animaux, tom. 1, pag. 13

ver ici, que lorsqu'on admet un principe d'irritabilité, on attribue à une seule substance ce qui est l'effet du mélange d'un grand nombre de substances différentes *. Je pourrais prouver que cette substance, l'oxygène, de l'accumulation duquel dépend, dans cette hypothèse, l'irritation exaltée, n'est précisément communiquée aux animaux et aux plantes pendant leur sommeil d'hiver, qu'en quantité extrêmement petite. Les végétaux ne peuvent tirer de la terre gelée que très-peu d'eau. La contraction des parois des vaisseaux, affaiblie par le froid, allentit la circulation. La plupart des végétaux manquent alors des organes par lesquels se fait principalement l'absorbtion et la décomposition de l'eau, c'est-à-dire des feuilles ; et s'il est vrai, comme beaucoup d'expériences l'indiquent, que l'eau chargée d'acide carbonique est la source d'où la plante tire cet oxygène, comment se fait-il que, tandis que cette source est presqu'entièrement tarie, la quantité de cette substance irritante puisse s'accumuler ? Cette contradiction est encore plus marquée dans les animaux. Nous savons avec certitude que dans

* Condorcet, Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain, 1797, p[illegible] 61.

la marmotte des Alpes, *arctomys marmota*, la respiration, les contractions du cœur, la circulation du sang, l'absorption de l'oxygène par les poumons, son amas dans la fibre musculaire, la chaleur animale, enfin tout ce qui concourt au procédé chimique de la vie, diminue *. Nous savons que le sommeil paisible affaiblit les fonctions des organes de la respiration, et que cependant nous nous sentons plus incitables après ce sommeil réparateur. Comment cela peut-il s'accorder avec l'accumulation de l'oxygène? On dira peut-être que le sommeil suppose l'absence de tout mouvement musculaire, et que ce dernier consumant l'oxygène, une moindre décomposition de l'air dans les poumons pendant le repos des muscles, peut cependant produire une accumulation d'oxygène. Le fait en lui-même est très-exact; et j'espère même prouver dans la suite, que le mouvement des fibres n'est que le résultat d'un changement dans la combinaison chimique qui avait lieu auparavant. Mais je ne saurais admettre cette proposition comme venant à l'appui de l'assertion précédente. Elle est encore moins applicable aux phénomènes de la vitalité des végétaux, qui, dans les régions les plus froides

* Bedoes, Medicinische Schriften, 1 B. pag. 98.

du nord, manifestent tous les ans au printemps une irritablilité extraordinaire (87). Dans ce cas il n'y a ni mouvements volontaires ni repos; et pourra-t-on exprimer la différence entre la quantité d'oxygène qu'enlève à l'eau un arbre dépouillé de ses feuilles, couvert de glaçons, et celle que lui enlève celui qui est chargé de feuilles, et qui jouit d'un beau soleil d'été? Dans les animaux, le mouvement musculaire consume sans doute, pendant la veille, beaucoup d'oxygène; et la très-petite quantité de ce principe (88) dont le système artériel est privé pendant le sommeil, ne mérite aucune attention. Que l'on compare l'état d'un homme qui se serait abstenu de toute espèce de mouvements volontaires pendant quatorze heures de suite, avec celui d'un autre qui se réveille après un aussi long sommeil. Chez le premier, la respiration n'est certainement pas diminuée : une quantité égale d'oxygène se répand des poumons dans son corps en repos; et cependant combien son incitabilité et sa force musculaire ne sont-elles pas inférieures à celles de l'homme qui sort d'un sommeil tranquille?

Le défaut de mouvement diminue très-réellement le degré d'irritabilité. J'en ai des exemples frappants dans des grenouilles que je conserve dans un réservoir étroit, depuis six à

sept mois. Ces grenouilles sont très-bien nourries, pas très-grosses; elles paraissent assez alertes et sensibles quand on les met en liberté, et cependant elles peuvent à peine servir pendant deux heures au galvanisme, même lorsqu'on emploie les métaux les plus actifs. Leurs cœurs détachés ne conservent les battements que pendant peu de minutes; et les irritants des nerfs les plus violents que j'ai mis en usage, tels que les dissolutions alcalines, l'acide muriatique oxygéné, l'arsenic, excitaient à peine quelques faibles mouvements, appliqués sur les nerfs cruraux et sciatiques.

Il est assez remarquable que les mêmes animaux qui manifestaient, immédiatement après avoir été tirés de leur sommeil d'hiver, des contractions très-violentes en les galvanisant avec des métaux homogènes, même sans chaîne, étant ensuite bien nourris, mais sans exercer de mouvements musculaires, manifestaient à peine quelques effets quand on employait de l'or et du zinc.

On doit conclure de cette observation, que l'augmentation de l'incitabilité des fibres, par le repos et par le sommeil d'hiver, ne peut point s'expliquer par l'absorption d'une substance irritante, par exemple, de l'oxygène.

Il me semble que cette augmentation d'incitabilité est due à l'absence des irritants, et à une débilité universelle des facultés sensibles. La force d'action d'un stimulant étant d'autant plus grande, que l'organe sur lequel il agit n'a pas été stimulé depuis longtemps.

La lumière solaire fait mouvoir plus fortement les feuilles de l'*hedysarum gyrans*, quand cette plante a été gardée pendant deux ou trois heures dans l'obscurité. Si l'on fait journellement usage de l'opium, on parvient à en être moins affecté, en en prenant huit grains, qu'on ne le serait d'un demi-grain quand on n'en prend pas habituellement *. Quelle doit donc être la force de l'incitabilité des organes soustraits, dans le sommeil ordinaire pendant plusieurs heures, et dans le sommeil d'hiver pendant plusieurs mois (89), à toute espèce d'irritant intérieur et extérieur, lorsqu'ils éprouvent, au moment du réveil, toutes les impressions que font sur eux les choses internes et externes !

L'affaiblissement et la suspension momentanée de la force sensible, jouent ici un rôle plus important. Les fonctions du cerveau et des fibres sensibles sont, jusqu'à un certain

---

* Bedoes und Watt. Betrachtungen, etc. 1796, p. 47.

point, en opposition avec celles des vaisseaux. Les méditations forcées nuisent à la digestion et à la nutrition : les hydrocéphales, les cretins, les personnes qui ont éprouvé une attaque d'apoplexie, les fous et les personnes stupides ont un très-grand appétit, et la nutrition se fait très-bien chez eux. Le docteur *Hunter* a prouvé d'une manière convaincante « que les occupa« tions de l'esprit détruisent la force vitale, » et le discours du docteur *Croone* * sur la force musculaire, contient des vues extrêmement ingénieuses sur cette matière ; cependant la question de savoir comment l'exercice continué des facultés intellectuelles affaiblit l'énergie des vaisseaux et leur force sécrétoire, est du nombre de celles sur lesquelles nous sommes obligés d'avouer notre ignorance. Je suis très-éloigné de croire que la pensée consume des substances de telle ou telle espèce. Mais quand même elle ne devrait être considérée ni comme un procédé chimique, ni comme la suite d'un ébranlement mécanique, il ne paraît pas contraire à la bonne philosophie d'admettre un mouvement dans les fibres ; ou une décomposition chimique faite simultanément avec la pensée. Un grand nom-

* Croone, l. c. pag. 28.

bre d'expériences qui n'appartiennent pas à ce chapitre, rendent cette supposition au moins probable. Sait-on si l'exercice des facultés intellectuelles ne consomme pas, ou ne combine pas certaines substances dont la machine animale ne contient qu'une quantité déterminée, et qui contribuent au grand procédé chimique d'où dépendent la force musculaire et la pulsation des artères ? Sait-on si pendant le sommeil, temps où les facultés sensibles et intellectuelles sont dans l'inaction, ces substances n'affluent pas en plus grande quantité vers les muscles et les vaisseaux (90) ?

Quoique je sois bien éloigné de désigner une substance quelconque comme produisant cette irritation, cependant des observations très-multipliées, et surtout mes propres expériences sur la germination des plantes, attestent le rôle important de l'oxygène dans toutes les fonctions vitales. Si l'on considère que cet oxygène est accumulé dans le sang artériel ; qu'une quantité énorme du sang oxygéné, le sixième de toute sa masse, monte au cerveau, et qu'il en revient désoxygéné ; qu'une méditation soutenue attire du sang au cerveau, comme l'exercice des muscles occasionne la réplétion des vaisseaux musculaires ; on est, pour ainsi dire, conduit

à présumer que, par l'exercice des facultés intellectuelles, il se fait une absorption d'oxygène, et que cette absorption est par conséquent moins forte pendant le sommeil.

Mais quels effets devons-nous attribuer aux autres principes contenus dans le sang avec l'oxygène? Qu'est-ce que les nerfs, considérés comme conducteurs d'une substance qui reste accumulée dans d'autres parties du corps, lorsque l'exercice de la pensée est ralenti, communiquent au cerveau? Le sang artériel éprouve-t-il la même décomposition par l'exercice des sens, par le mouvement musculaire et par la nutrition? Que devient la quantité de calorique dégagée dans ces opérations? s'unit-elle au fluide électrique, ou à quelqu'autre fluide semblable? Les siècles à venir approcheront peut-être de la solution de ces importantes questions. Nous nous contentons d'indiquer ici le point de vue sous lequel il faudrait envisager un objet aussi difficile à étudier.

Non-seulement, parmi les grenouilles, les individus femelles et celles qui sortent de leur sommeil d'hiver, se distinguent par une très-grande irritabilité du système musculaire, mais les jeunes individus présentent la même propriété.

Si on fait attention à la rapidité avec laquelle leur irritabilité s'épuise dans les expériences galvaniques, et que, depuis les poissons jusqu'aux oiseaux, la chaleur est en raison inverse de la durée de l'incitabilité (90); on est tenté de supposer dans ces jeunes animaux, une température plus élevée, et par conséquent, une décomposition plus rapide des principes animaux, en un mot, un procéde vital dont l'action est plus accélérée. Des observations thermométriques sur une grenouille qu'on éléverait, pourraient facilement décider cette question. J'ai observé que quatre grenouilles renfermées sous une cloche, faisaient monter de trois degrés le thermomètre de Réaumur. Les plus petits têtards de grenouilles qui se meuvent dans un liquide aussi dense que l'eau, manifestent par cette faculté une force extraordinaire dans la queue (92). On peut la galvaniser très-efficacement sans mettre le nerf à découvert; et il est remarquable que vers le temps où les pattes de devant commencent à se dévélopper, et où par conséquent cette partie postérieure devient moins nécessaire, la vivacité des contractions occasionnées par l'irritation métallique diminue. La séparation de la queue est toujours mortelle pour le jeune têtard; mais à

mesure que l'animal se développe, les blessures de la queue lui deviennent moins nuisibles. Il est assez singulier, qu'une partie qui possède un nerf aussi considérable, finisse par se détacher spontanément.

Le séjour continuel des petits têtards de grenouilles dans l'eau, fait qu'ils tiennent toujours close la partie transparente de la membrane clignotante, qui, même dans les oiseaux, se trouve plus ou moins développée. Ce n'est que lorsqu'elles osent lever la tête à l'air, qu'elles abaissent cette membrane, à l'aide de laquelle elles peuvent voir à travers deux milieux. Il est probable qu'elle est pourvue, comme dans les oiseaux, d'un muscle particulier; car, après avoir coupé la tête d'une grenouille, si on arme le palais avec du zinc, et si on le fait communiquer par le moyen d'argent avec le crâne, on voit quelquefois cette membrane clignotante se contracter convulsivement. *Zorn* et *Rœsel* * l'ont décrite comme une membrane simple. Elle l'est effectivement, mais elle devient, pour ainsi dire, double par un mécanisme particulier. Le bord supérieur est très-mince, transparent et

---

* Zorn, *Theologia naturalis*, tom. 1, pag. 202. — Rœsel, *Historia ranarum nostratium*, pag. 19.

lisse; l'inférieur est musculeux, ridé et épais. L'animal peut à volonté étendre le bord supérieur seul, ou faire sortir le bord inférieur, de manière que le supérieur reste, pour ainsi dire, enveloppé dans l'autre portion, et que le tout ne forme qu'un voile épais et opaque.

Parmi les particularités que présentent les grenouilles, il faut encore ranger la propriété qu'a leur peau de changer de couleur par l'effet de l'électricité dans certaines circonstances, et de passer successivement d'un brun verdâtre au bleu, au vert pâle et au jaune. *Gmélin* a fixé de nouveau l'attention sur cette circonstance *. Il est même des grenouilles qui paraissent éprouver ce changement de couleurs lorsqu'elles sont animées par quelque passion; mais il ne faut pas confondre ce phénomène avec la décoloration à laquelle les expose la privation de la lumière solaire **.

Les coléoptères parmi les insectes, paraissent, de même que les grenouilles parmi les amphibies, tenir le dernier rang, quant aux facultés intellectuelles, à raison de la grosseur de leurs nerfs comparée à celle du cerveau. Le lézard

* Cours d'histoire naturelle, dernière édition.

** Uslar, l. c. pag. 36.

vert * annonce, par la finesse de ses nerfs et par la grosseur de son cerveau, qu'il possède ces facultés à un plus haut degré : les nerfs des grenouilles sont presque quatre fois plus gros que les siens ; par la même raison, les contractions musculaires, quoique d'abord plus vives, ont bientôt cessé dans le lézard, la substance nerveuse indépendante du cerveau, n'étant répandue dans son corps qu'en très-petite quantité.

Ce prompt épuisement est surtout très-remarquable dans les pays les plus chauds de l'Europe, où cet animal est excessivement vif; il résiste en Allemagne aux expériences galvaniques pendant deux ou trois heures, et il ne conserve la même faculté en Italie que pendant 20 ou 25 minutes.

Il est peu d'animaux qui soient aussi fortement affectés par l'acide muriatique oxygéné, que le lézard vert. Peut-être expliquerait-on par là son extrême aversion pour l'eau. Si on laisse tomber sur lui une goutte d'eau, du sable mouillé, ou si on le place de manière que la queue soit entièrement plongée dans l'eau, il paraît éprouver des douleurs très-vives: serait-ce la décomposition de l'eau opérée par la fibre,

---

* Pfaff, l. c. pag. 114.

et l'irritation occasionée par l'oxygène qui produiraient cet effet ?

Le crapaud a des nerfs presqu'aussi forts que la grenouille, mais leur forme en spirale ou rubannée est moins prononcée. Les mouvements que le galvanisme excite dans les membres coupés de cet animal, sont tout aussi faibles et aussi lents, que ceux qu'il exécute volontairement pendant sa vie.

Au reste j'ai disséqué plusieurs fois des *rana portentosa*, des *rana bombina* et des *rana bufo*. J'ai même fait une suite d'expériences sur ces animaux, et, tant que je n'endommageais pas leur vessie, je n'éprouvais jamais de mal de tête. Ce que l'on a dit de la propriété malfaisante des crapauds, n'est donc pas conforme à mes observations.

J'ai renfermé un très-gros crapaud sous une petite cloche dans l'air atmosphérique, sans qu'il en résultât autre chose que du gaz acide carbonique, du gaz azote, et très-peu de gaz oxygène.

Les tortues de rivière ont une irritabilité qui dure très-longtemps, et qui peut être comparée à celle des grenouilles. *P. Michaelis* a excité des contractions musculaires très-vives dans une tortue dont on avait ôté le cœur, qui était

disséquée, et exposée, depuis 18 heures, au froid, pendant l'hiver, à Pavie. *Hermbstads* a vu la chair musculaire * de la tortue ordinaire, *testudo europaea*, affectée par l'irritation métallique, lors même qu'elle était déja en putréfaction.

Les oiseaux présentent, comme nous l'avons observé précédemment, la respiration la plus étendue, elle s'étend jusque dans l'intérieur de leurs os; conséquemment la décomposition de l'air y est très-considérable, la chaleur animale très-grande; et ils offrent en même temps l'excitabilité la moins durable dans les phénomènes galvaniques. J'ai fait un grand nombre d'expériences sur des poulets, des oies, des corbeaux, des serins et des linotes; dans les expériences sur les petits oiseaux d'ailleurs très-vifs, mais dont toute la force vitale paraît s'éteindre avec le dernier battement du cœur, si on n'est pas très-prompt à préparer le nerf sur lequel on veut agir, l'irritation métallique n'y produit aucun effet (93).

J'ai excité avec du zinc et de l'or du mouvement dans les aîles d'un poussin de 13 à 14 jours, dont l'œuf avait été endommagé par hasard. Je

* Creve, vom. metalreiz, 1796, pag. 83.

rapporterai plus bas ce que j'ai observé sur la sympathie des nerfs ciliaires avec ceux de la mâchoire inférieure, ou sur le mouvement qu'on remarque dans le bec d'un oiseau en appliquant une armature à la langue et une à l'œil, ainsi que sur le cours du fluide galvanique dirigé de l'œsophage vers l'anus.

Mammifères.

On a essayé l'irritation galvanique sur presque tous les grands animaux de ce pays. Je la leur ai appliquée, avec mon frère aîné, qui est beaucoup plus instruit que moi en anatomie. Nous avons fait nos expériences sur des chiens, des veaux, des lapins, des cochons d'inde, des renards, des brebis, des chèvres, des rats, des souris et des chauve-souris.

Les expériences sur l'homme lui-même sont cependant les plus importantes, parce qu'elles font connaître plus exactement les fonctions de certains organes. Il me semble que je suis le premier qui ait fait sur lui-même l'expérience qui consiste à exciter des mouvements musculaires, après avoir mis un nerf à nu. On verra dans ce chapitre, que les découvertes que j'ai eu occasion de faire, m'ont amplement dédommagé des douleurs que j'ai éprouvées.

Tous les effets des nerfs paraissent évidemment tenir à deux facultés, à la faculté motrice, et à la faculté sensible *. Cette division est ancienne **, et parfaitement conforme à la nature. Quand même on prouverait un jour que certains mouvements des fibres du cerveau correspondent aux sensations, il n'en serait pas moins vrai que la cause qui produit les sensations, diffère essentiellement de celle qui produit la contraction des fibres. Mais les nerfs n'exercent-ils pas un effet chimique *** sur les vaisseaux sécrétoires ? La décision de cette question est liée à la solution du grand problême, qui consiste à savoir si toutes les modifications chimiques ne se réduisent pas à des mouvements ; idée dont *Sage* s'est beaucoup rapproché dans sa chimie mécanique (94). La contraction des muscles elle-même ne serait-elle pas le résultat d'un mélange chimique ; et, sous ce point de vue, le mouvement n'est-il pas lié aux affinités, comme celles-ci le sont au mouvement ?

Nous observons dans l'irritation métallique les

---

* Sœmmerings Hirnlehre, §. 187.

** Gaubius, *institutiones physiol.* pag. 59 - 73.

*** Reil et Gauthier, *de irritabilitate*, 1796, pag. 4.

effets de la force sensible, et ceux de la force motrice. Les expériences relatives à la sensibilité, doivent surtout être faites avec beaucoup de précaution, parce que trop de précipitation donne très-aisément lieu à des illusions. Mais tout effet, dans ce cas, étant purement individuel, l'observateur exact préférera sans doute de faire des observations sur lui-même. Les expériences sur les sensations peuvent cependant se faire sur des animaux, qui annoncent ce qu'ils éprouvent par le jeu des muscles de la face. Les chiens paraissent très-sensibles à l'irritation métallique exercée sur les papilles de la langue; quoique ces papilles ne soient pas chez eux aussi alongées que chez les animaux herbivores.

Un grand chien de chasse, naturellement paresseux, se laissa très-patiemment appliquer du zinc contre le palais, et il resta parfaitement tranquille, lorsqu'on mit en contact avec ce zinc et avec sa langue un autre morceau de zinc. Mais à peine eut-on touché sa langue avec de l'argent, qu'il manifesta son aversion d'une manière divertissante : il contracta convulsivement la lèvre supérieure, et il se lécha pendant fort longtemps; il suffisait ensuite de lui montrer le morceau de zinc, pour lui rappeler

l'impression qu'il avait éprouvée et pour le mettre en colère.

Je ne m'arrêterai pas ici aux expériences de *Hunter* sur les yeux, ni à celles de *Volta* sur la langue; elles sont décrites dans plusieurs ouvrages. Je me contenterai de fixer l'attention du lecteur sur quelques observations dont on n'a pas encore parlé, ou dont on n'a donné que de légers aperçus.

L'apparence lumineuse peut être provoquée de quatre manières différentes : en appliquant une armature à chacun des yeux; ou une dans les fosses nasales et une à l'un des yeux, ou une à la langue et une à un œil, ou bien une à la langue et une aux gencives * supérieures. La dernière expérience est sans contredit la plus importante; puisque dans celle-là deux métaux placés dans la bouche, produisent, sans toucher les yeux, une apparition lumineuse. La découverte et la publication de ce phénomène sont dues à *George Hunter*. Le hasard me l'avait offert, avant que je connusse l'ouvrage de *Fowler*.

Mais par quel nerf cette sympathie est-elle

---

* Pfaff, l. c. pag. 143, 305, 322, et les auteurs qu'il a cités. Gren, journal, 7 B. pag. 326.

effectuée ? Où se trouve l'anastomose dans les nerfs de la face ? Je crois qu'on ne doit recourir ici, ni à la réaction du cerveau, ni à l'augmentation (95) de l'action des vaisseaux des membranes, des veines, ni à l'irritation mécanique de la rétine, mais simplement aux lois générales du cours du fluide galvanique développées dans le sixième chapitre. Le nerf nasal donne un ou deux nerfs qui sont placés sur la tunique extérieure du nerf optique. Toute irritation du nerf nasal qui vient de la première branche de la cinquième paire, peut donc se propager jusqu'à la tunique de l'œil qui est un prolongement de la substance médullaire du nerf, de même que l'on voit des contractions dans une cuisse de grenouille, en irritant seulement le nerf crural ou un morceau de chair musculaire tenant à la cuisse. Le nerf nasal est constamment uni, selon *Cotunni*, avec un filet du nerf inférieur des téguments du nez, venant de la seconde branche de la cinquième paire. Mais, comme cette anastomose manque très-souvent, on peut compter davantage sur celle du nerf nasal avec le nerf jugal, qui a lieu dans le muscle orbiculaire des paupières. Ce dernier est aussi constamment anastomosé avec le nerf inférieur des téguments du nez, qui est, ainsi que le nerf palatin anté-

rieur, une ramification de la seconde branche de la cinquième paire.

Si un métal est donc placé entre la gencive de la mâchoire supérieure et la lèvre supérieure, il n'est pas difficile d'expliquer comment il peut irriter le nerf palatin antérieur, dont les ramifications s'étendent jusqu'aux gencives des dents incisives. On verra, par ce qui suit, le rôle important que ce nerf joue dans l'expérience de *Hunter*. On observe le phénomène lumineux, lors même que deux métaux sont appliqués dans l'intérieur du palais, près de sa partie postérieure, parce que les deux branches du nerf palatin antérieur s'étendent jusque dans cet endroit.

Si le métal est placé entre la lèvre supérieure et la gencive, il agit principalement sur les nerfs de la lèvre supérieure qui s'anastomosent, par plusieurs filets, avec d'autres nerfs de la face, et par le moyen de ceux-ci, avec le nerf nasal qui est uni au nerf optique. Dans quelques individus, le nerf sous-orbitaire qui s'étend jusqu'à la lèvre supérieure, tient immédiatement à une ramification du nasal. La diversité de ces anastomoses entre les ramifications de la seconde branche et celles de la troisième branche de la cinquième paire des nerfs du cerveau, et la différence d'épaisseur des téguments, expliquent

assez bien pourquoi les expériences de *Hunter* ont plus de succès chez certains individus que chez d'autres.

Pour donner une explication anatomique du phénomème de *Hunter*, je trouve que l'on a toujours parlé d'armatures musculaires et nerveuses, laissant entrevoir qu'on était embarrassé sur la partie qu'il fallait regarder comme musculaire. Cet embarras a été occasionné par l'habitude de faire les expériences galvaniques, en mettant en contact l'armature d'un nerf avec celle d'un muscle ; mais ces expériences réussissent aussi bien, en appliquant des armatures sur deux points différents d'un même nerf. Si le nerf sur lequel on fait l'expérience est un nerf du sentiment, il est naturel qu'aucun mouvement n'ait lieu, mais que l'irritation se propage jusqu'au cerveau, et qu'elle y excite immédiatement la sensation qui correspond à cette irritation particulière. Si l'on applique donc des armatures aux papilles de la langue auxquelles ses nerfs se terminent, ou aux nerfs de la lèvre supérieure (96), ou à ceux du palais, tous ces organes sensibles ne doivent être considérés que comme la continuation d'une seule ramification nerveuse très-divisée.

Les individus dont un des yeux est détruit et

desséché, aperçoivent la lueur très-distinctement, de l'œil sain (97). Pendant un orage, l'expérience de *Hunter* réussit surtout très-bien, à ce que m'a assuré le docteur *Schallern*. Plus l'orage approche, plus l'atmosphère est chargée de fluide électrique, plus les lueurs que l'irritation métallique provoque sont vives.

Nous n'avons jamais remarqué, *Pfaff* ni moi, des contractions ou des dilatations de la pupille. Mais les expériences contradictoires de *Fowler*, s'expliquent par ces sympathies nerveuses qui font qu'une lumière vive, en agissant sur l'organe de la vue, excite l'éternuement, et que l'ammoniaque, en stimulant l'organe de l'odorat, produit la dilatation de la pupille; nous n'avions, jusqu'à présent, aucun exemple d'action galvanique semblable à celle de la lumière.

Chaque organe présente des phénomènes conformes à son énergie particulière. L'irritation du nerf optique ne peut donc produire des mouvements, mais seulement des sensations de lumière. L'effet est le même, que l'irritation soit galvanique ou simplement mécanique. Je me souviens qu'en préparant imprudemment de l'acide muriatique oxygéné, mes nerfs de l'odorat furent affectés par la vapeur acide, au

point que j'éprouvai un étourdissement, et que j'aperçus, pendant assez longtemps, une lueur très-distincte devant mes yeux. Ma pupille n'éprouva pas le moindre changement (98).

Le docteur *Monro* était tellement excitable par le galvanisme, qu'il saignait au nez lorsqu'ayant enfoncé très-doucement du zinc dans ses fosses nasales, il le mettait en contact avec une armature appliquée sur sa langue *. L'hémorragie avait toujours lieu au moment où les lueurs paraissaient. Ce phénomène semble très-instructif pour le physiologiste ; il démontre comment les nerfs qui entourent les petits vaisseaux sanguins les irritent, et augmentent leurs contractions; il confirme aussi ce que les anatomistes ont dit de l'influence de la honte et de la joie sur les nerfs de la cinquième paire, et principalement sur ceux de la face.

J'ai éprouvé sur moi-même qu'en répétant plusieurs fois de suite l'expérience de *Hunter*, on peut s'occasionner une faiblesse momentanée des yeux, et même une inflammation, comme celle qu'on éprouve après s'être fatigué par la lecture.

Mais cette violente irritation ne pourrait-elle

---

* Medical extracts, vol. 1, pag. 117.

pas être d'une grande utilité dans certains cas pathologiques? *Boerhaave* * rapporte qu'un musicien anglais, qui eut l'œil atteint par une corde de violon au moment où elle se cassa, acquit dès-lors une telle force dans cet organe, qu'il lisait l'écriture la plus fine dans l'obscurité, sans éprouver aucune fatigue dans les yeux.

On pourrait, ce me semble, employer le galvanisme sur des malades dont la vue paraît perdue sans retour. Pour augmenter l'affluence du fluide galvanique, je conseillerais de couvrir toute la langue, le palais et même tout l'intérieur de la bouche, de métaux très-actifs. Par ce moyen, toutes les ramifications de la cinquième paire, qui se distribuent à ces parties, et celles qui se portent à la face, seraient affectées en même temps. Dans les cas où le nerf optique n'est pas tout-à-fait desséché, ne pourrait-il pas se faire que quelques-unes de ses fibres fussent irritées au point de suppléer à celles qui manquent?

On a publié ** plusieurs observations pathologiques qui prouvent l'utilité de l'usage de

---

* Boerhaave, *de morbis oculorum. Gœtting.* 1746, pag. 132.

** Voigt, Magazin für das neuste aus der physick. 9 B. pag. 175.

l'électricité dans des maladies des yeux. Au moyen de bains électriques et d'étincelles positives dirigées sur les yeux, *Ellinger* dit avoir guéri une cataracte *, des ophthalmies, des nyctalopies, une ulcération de la cornée, et un écoulement habituel des larmes. Le peu d'effet qu'a eu l'électricité dans plusieurs autres maladies des yeux ne s'explique-t-il pas assez bien, par la non-incitabilité des organes au moyen de certains irritans?

De même que l'on irrite le nerf optique par une communication établie entre une armature appliquée aux nerfs de la langue et une autre appliquée à ceux du palais, on produit des contractions dans la bouche des animaux par une sympathie inverse, en établissant communication entre le nerf optique et le nerf nasal.

Je disséquai, à Léipsic, une carpe ordinaire avec *Fischer*, connu par la description qu'il a donnée de la vessie natatoire des poissons. Nous plaçâmes une armature d'argent sur le nerf optique, et une armature de zinc sur un des nerfs très-distincts qui entrent dans la cavité

* Waren a guéri l'amaurose par l'électricité. Voyez les Mémoires de la société médicale de Londres, vol. 3, n.° 14.

oculaire et qui touchent au nerf optique : ce nerf paraissait répondre au nerf nasal dans l'homme. Dès que ces deux métaux furent en contact, il y eut de fortes contractions dans la mâchoire supérieure. Le fluide galvanique n'a-t-il pas été transmis, dans ce cas, du nerf nasal au nerf maxillaire supérieur ?

Dans une tête d'oie, coupée depuis huit minutes, je plaçai une armature sur la langue et une autre sur le blanc de l'œil. Dès qu'elles furent en contact, à mon grand étonnement, le bec s'ouvrit très-fort, et on entendit un froissement convulsif des mâchoires. En plaçant les deux métaux dans la bouche même, je ne pus produire ces mouvements. Il serait intéressant de suivre la distribution des nerfs dans une tête d'oie, pour décider pourquoi l'expérience de *Hunter* ne produit pas les mêmes contractions dans la mâchoire d'un homme.

Je passe aux expériences de *Volta* sur la langue, qui avaient déja été entrevues il y a trente ans, comme l'atteste un ouvrage de *Subger*, intitulé *Nouvelle Théorie des plaisirs* *, publié en 1767. Peut-être avait-on éprouvé depuis des siè-

* Lichtenberg, Almanach de Goettingue pour l'année 1794, pag. 186. — Pfaff, l. c. pag. 135, 312 et 324.

cles une saveur acidule, en tenant, par exemple, une boucle d'argent dans la bouche, de manière que le bord de la boucle touchât la face supérieure de la langue, et que la monture touchât sa face inférieure. Peut-être avait-on vu depuis longtemps des contractions musculaires, en employant dans les opérations de chirurgie des instruments à manche d'argent, des pinces ou des ciseaux d'argent et d'acier; ces contractions étaient dues sans doute à une toute autre cause qu'une simple irritation mécanique. Si l'ouvrage dont nous venons de parler se fût alors offert à un esprit ingénieux, que la considération de la situation superficielle des nerfs de la langue eût conduit à découvrir un nerf artificiellement, la grande découverte de l'irritation métallique se serait présentée dans le temps des *Haller*, des *Franklin*, des *Trembley*, des *Camper* et des *Buffon*: et quels progrès nos contemporains n'auraient-ils pas pu faire, si on nous avait transmis ce que nous laisserons à ceux qui nous succéderont!

En publiant sa découverte, *Volta*, n'a pas manqué d'indiquer les différences que l'on ob-

— Gren's journal, cahier 22. — Aldini, *de animali electricitate*, pag. 14. — Corradorff, lettera al. cav. Fontana. — Scarpa, *tabula nevrologiæ*, etc. pag. 18.

serve dans les saveurs, selon la nature et la disposition des armatures; elles varient depuis le goût acide brûlant, jusqu'à l'alcalin amer; et quand même ces différences ne seraient pas aussi tranchées que ces expressions l'indiquent, elles sont au moins toujours très-distinctes, et elles ne consistent pas seulement dans le plus ou le moins d'intensité.

La saveur que l'on excite en couvrant la pointe de la langue d'une armature d'argent, et sa face supérieure d'une armature de zinc, l'organe n'étant pas incitable, présente toute l'amertume du *polygala amara*. Il est très-remarquable, dans cette expérience, qu'outre l'organe du goût, celui du tact peut aussi être affecté, comme lorsqu'on a pris des aliments trop chauds. La sensation brûlante qu'on occasionne en appliquant une large surface d'argent sous la langue, et une de zinc au dessus, appartient entièrement à ce dernier sens; car les lèvres éprouvent aussi une sensation brûlante, si on y applique les mêmes armatures qu'à la langue. On excite au contraire du froid en couvrant de zinc la partie postérieure de la langue, et en appliquant de l'argent à sa partie inférieure en avant: cette sensation de froid augmente, quand on porte l'armature plus en arrière vers la base de la

langue. Si l'on exerce le galvanisme dans cet endroit pendant quelque temps, l'irritation produit des nausées qui peuvent aller jusqu'au vomissement. Il est à observer que ces nausées ne sont pas la suite d'une simple irritation mécanique; car on ne les provoque pas en répétant l'expérience avec des métaux homogènes.

Mais, d'un autre côté, j'ai souvent répété sur moi-même une expérience qui prouve que des métaux homogènes affectent tout aussi bien les nerfs du sentiment que ceux du mouvement, lorsque l'excitabilité des organes est exaltée.

Si l'on humecte sa langue avec une faible dissolution alcaline, ou d'acide muriatique oxygéné, lorsqu'on établira le contact entre deux morceaux de zinc qui étaient auparavant inefficaces, on éprouvera des cuissons dans toute la cavité de la bouche. Toutes les personnes qui ont pu prendre sur elles de répéter cet essai, m'ont attesté l'exactitude de mon observation.

L'expérience de *Hunter* réussit aussi avec des métaux homogènes, lorsqu'on a humecté le palais et la lèvre supérieure avec une dissolution alcaline. Je suis même parvenu à provoquer des apparitions lumineuses très-vives, en employant la dissolution alcaline chez des personnes dont les organes étaient si peu incitables,

que le zinc et l'or ne produisaient aucun effet. Les physiciens impartiaux reconnaîtront d'autant plus, par l'ensemble de ces phénomènes, la justesse de ce que j'ai avancé dans le chapitre où il est traité de l'efficacité des excitateurs homogènes.

La face inférieure de la langue étant munie d'une armature de zinc, si l'on appuie avec la main sèche une plaque d'argent sur ce zinc, l'organe du goût n'est point affecté, parce que dans ce cas la main est isolante, et que l'incitabilité du système n'est pas assez forte pour qu'il y ait des effets sans chaîne, comme dans le cas fig. 9. Mais si on humecte la main (99), la chaîne se trouve établie par l'union du bras avec le tronc, et alors l'irritation a lieu.

L'expérience avec l'haleine, décrite dans le chapitre VI, réussit encore dans ce cas-ci. Les deux faces de la langue étant armées avec du zinc, on n'éprouvera pas la saveur acide dans l'état d'incitabilité moindre, si un morceau d'argent placé entre les deux morceaux de zinc n'est pas humecté d'un côté; ou si l'argent est mis en contact avec de la chair musculaire humide, ou s'il est couvert d'un fluide en vapeur des deux côtés, l'irritabilité cesse aussitôt.

Tous ces essais n'ayant présenté aucune contraction dans la langue, ils semblent constater

parfaitement la vérité de cette ancienne assertion de *Galien*, nouvellement confirmée par *Scarpa*, que le nerf fourni à la langue par la troisième branche de la cinquième paire, sert exclusivement au sens du goût, et que la neuvième paire est exclusivement destinée au mouvement de la langue.

Ayant appliqué une armature au nerf qui se distribue à la chair de la langue près de l'os hyoïde dans un lapin, j'ai vu distinctement la partie antérieure de la langue se contracter.

Quand on considère le peu de dissolubilité des métaux dans la salive, il paraît évident que toutes les espèces de métaux irritent par eux-mêmes les nerfs du goût; cette irritation a même quelque chose de si particulier, qu'on la désigne sous le nom de saveur métallique. Mais toute saveur métallique ne serait-elle pas une suite du galvanisme, et le contact d'un métal seul avec les papilles de la langue n'occasionnerait-il pas un léger galvanisme? L'observation qu'on peut faire naître des contractions avec des métaux homogènes ne formant pas chaîne fig. 9, donne quelque vraisemblance à cette conjecture. Il est encore à observer que le plus petit morceau de métal placé dans la bouche, touche nécessairement en même-temps plu-

sieurs papilles de la langue. La troisième branche de la cinquième paire de nerf se trouve par conséquent armée dans plusieurs de ses points.

On a vu par mes expériences sur les plaies des vésicatoires, que l'irritation métallique occasionne en peu de secondes la sécrétion d'une sérosité très-colorée et âcre. L'expérience de *Volta* n'affecte peut-être l'organe du goût, qu'autant qu'elle détermine une semblable sécrétion sur la langue ; et nous n'éprouvons peut-être pas alors la saveur propre au fluide galvanique ou au fluide électrique, mais seulement celle de cette sérosité dont la sécrétion est due à une modification particulière de l'action des vaisseaux.

La terminaison, dans la membrane pituitaire, des nerfs de l'organe de l'odorat, qui tirent leur origine de la première paire et des 1.re et 2.me branches de la cinquième paire ; l'observation des nombreux phénomènes de sympathie entre les organes de la vue, de l'odorat et du goût, avaient fait présumer qu'en galvanisant les narines, l'odorat serait affecté ; mais cette supposition n'a point été jusqu'ici confirmée par l'expérience *. J'ai cependant réussi à exciter dans mon nez un chatouillement particulier, accom-

* Pfaff, l. c. pag. 147.

pagné de froid, en portant dans les narines une petite tige de zinc que j'appuyais contre la cloison des narines, et sur la langue une pièce d'argent que je mettais en contact avec le zinc. Si on répète plusieurs fois cette expérience, on éprouve de la pesanteur dans la tête, et l'envie d'éternuer. On peut se convaincre, en employant des métaux homogènes, que ces effets ne sont pas dûs à une simple irritation mécanique. Cependant ils ne peuvent être attribués aux phénomènes de l'odorat, puisque le sens du tact seul est ici affecté.

Robinson et *Hecker* ont donné des observations contradictoires sur l'irritation des alvéoles des dents *. Quant à moi, je me range du côté du premier. J'approchai du zinc de l'alvéole de la dernière dent molaire de la mâchoire supérieure, quelques minutes après l'avoir fait arracher ; la langue était armée avec de l'argent; le contact des deux métaux excita une pulsation et une cuisson très-forte dans l'alvéole. La cuisson fut accompagnée d'une salivation abondante, qui se prolongea au moins pendant deux minutes après que le contact eut cessé. L'or et le zinc y causaient encore, deux jours après, des

* Pfaff, l. c. pag. 148.

sensations douloureuses, et il aurait été facile de porter l'irritation jusqu'à l'inflammation.

J'ai vu survenir de l'inflammation à une plaie à la main, par l'application de l'irritation métallique.

Pendant que je m'occupais des expériences qui viennent d'être rapportées, je m'étais écorché le poignet, à l'endroit où l'artère est très-superficielle. Je ne voulus pas manquer de tirer parti de cette occasion favorable pour mes expériences. L'épiderme était enlevé; mais le sang ne coulait qu'en très-petite quantité. Je plaçai une armature de zinc sur la plaie, et je touchai ce zinc avec une médaille d'argent. Pendant toute la durée du contact, j'éprouvai de la tension jusqu'au bout des doigts, un tremblement et un picottement dans tout l'intérieur de la main. La douleur devint manifestement plus aiguë quand le bord de la médaille toucha le zinc, qu'elle n'était quand la surface plane était appuyée sur lui. L'irritation augmentait aussi l'écoulement du sang. Dès que le sang se caillait, l'armature produisait un effet beaucoup plus faible. Je fis alors, avec un scalpel, des incisions très-légères; et le galvanisme, que je continuai pendant plusieurs jours, produisit une inflammation très-marquée.

Dans les expériences précédentes, les facultés

sensibles et motrices avaient été affectées en même temps *. La réunion de ces deux genres d'effets a encore paru plus distinctement au moyen des plaies faites au dos, comme je l'ai exposé dans mes lettres au professeur *Blumenbach* **. Aucune expérience n'a présenté plus d'observations galvaniques que celles auxquelles ces plaies ont servi. Je m'étais fait appliquer deux vésicatoires de la grandeur d'un écu de six francs, sur les épaules, de manière qu'ils répondaient au muscle trapèze et au muscle deltoïde; celui du côté droit s'étendait cependant davantage sur le dernier de ces muscles, car les contractions que le galvanisme occasionna n'étaient visibles que dans sa substance. Quand on ouvrit les deux vésicules, la sérosité en sortit, comme à l'ordinaire, sans couleur. Partout où elle coula sur le dos, elle laissa, en séchant, un luisant peu marqué qu'on enlevait aisément en lavant. Je fis couvrir la plaie du côté droit avec une plaque d'argent. A peine en eut-on approché un conducteur de zinc, qu'on provoqua, par ce moyen, un nouvel

* Pfaff, l. c. pag. 299.

** V. la première et la seconde lettre physiologique adressée à Blumenbach dans le Journal de Gren, vol. 3. — Scarpa, tab. nevrolog. pag. 6.

écoulement d'humeur accompagné d'une cuisson très-douloureuse. Cette humeur n'était pas, comme la première, blanche et d'un caractère doux. Elle prit, en peu de secondes, une teinte d'un rouge vif, et partout où elle coulait, elle laissait des raies d'un bleu rougeâtre; l'ulcère le plus malin ne fournit pas une humeur aussi âcre, et dont l'effet soit aussi prompt.

Le phénomène était trop frappant, pour que je ne l'examinasse pas plus exactement. La plaie de mon épaule gauche fournissait encore une humeur incolore. Le docteur *Schallern,* qui faisait ces expériences sur mon dos, commença alors à galvaniser aussi cette plaie. En quatre minutes il y eut douleur très-forte, rougeur, inflammation, et des raies très-visibles (100); quand on eut lavé mon dos avec soin, il n'en avait pas moins l'apparence d'avoir été frappé de verges.

Parmi tous les phénomènes galvaniques dont j'entretins *Scarpa* à Pavie, rien ne frappa davantage ce savant physiologiste, que le changement de la couleur de la sérosité. Il avoua qu'il ne connaissait aucun stimulant qui modifiât aussi promptement l'action des vaisseaux, et qui les excitât à la préparation d'une humeur qui, en touchant légèrement l'épiderme, pût causer une inflammation et laisser des marques rouges pen-

dant plusieurs heures. Il m'objecta qu'une idiosyncrasie particulière, ou quelque virus morbifique pouvait avoir eu part à ce phénomène; et que la rougeur n'était peut-être pas produite par l'irritation métallique. Quoique je fusse persuadé qu'aucune espèce d'illusion n'avait pu m'induire en erreur, je promis cependant au professeur *Scarpa*, de répéter cette expérience sur moi-même, sans avoir égard aux légers inconvénients qui pouvaient en résulter. Je tins ma promesse, pendant l'automne de l'an 4.

Je me fis appliquer deux vésicatoires sur les muscles trapèzes. Je préfère, pour plusieurs raisons, les plaies dans cet endroit, à celles du bras; les muscles de l'épaule et du dos, offrant une surface plus grande, plus unie et plus commode, sur laquelle, le corps étant situé horizontalement, on peut appliquer les métaux exactement, et faire des expériences pendant plusieurs heures sans interruption, comme sur une table. Il est, en outre, très-bon que la personne qui se prête aux expériences ne voie pas les procédés galvaniques. L'approche des métaux, la préparation des expériences produisent la tension de l'esprit; ce qui fait agir des irritants intérieurs, qui rendent très-douteux le jugement qu'on a à porter sur l'effet des irritants

extérieurs. On ouvrit les deux vésicules, et leur sérosité fut examinée avec la plus grande attention. Elle était sans couleur, avant que le galvanisme fût commencé; mais ensuite elle présenta les mêmes changements que dans les essais faits au printemps précédent. Il y eut de larges endroits enflammés aux téguments du bas-ventre, partout où l'humeur avait découlé.

En pressant ces endroits avec le doigt, les globules de sang se retiraient des vaisseaux pour le moment, et la rougeur disparaissait.

Si j'humectais mon doigt avec cette serosité, je pouvais m'en servir pour tracer sur ma peau des figures qui conservaient leur couleur pendant plusieurs heures, malgré tout ce qu'on pouvait faire pour les effacer.

J'essayai de laver les endroits enflammés avec de l'eau froide. Mais elle augmenta si rapidement l'inflammation, que mon médecin en conçut de l'inquiétude ainsi que moi, et qu'on lava aussitôt le dos avec du lait tiède, sans cependant en obtenir un grand effet. Quelqu'active que cette humeur parût être, la rougeur qu'elle produisait n'était nullement accompagnée de douleur. Il ne faut pas confondre cette rougeur avec celle qui suit l'application des vésicatoires

selon la méthode de *Cotugno* pour le traitement de la sciatique ; dans ce cas, souvent l'humeur perce les vésicules, et elle attaque par son âcreté la peau d'une manière sensible, en causant une cuisson très-vive *.

Cette expérience fait voir l'organisation de notre machine dans tout ce qu'elle a de plus étonnant. Une matière très-ténue ** communiquée aux organes ou sécernée dans leur substance, change leur nature en peu d'instants, et elle donne lieu à la sécrétion d'un fluide dont les élements sont mélangés et combinés différemment qu'ils ne l'étaient avant l'irritation occasionnée par cette matière. Tout stimulant modifie l'énergie des vaisseaux, et l'irritation des organes provoque des phénomènes qui diffèrent selon les irritants qui les produisent : dans le tissu impénétrable des fibres irritables, une modification est nécessairement suivie d'une autre. Ces considérations nous mènent à entrevoir comment l'haleine d'un individu attaqué de la peste, un atôme

---

* Vogels Handbuch der praktischen arzneywissenschaff, tom. 2, pag. 217.

** Reil's, Archiv. der physiologie, 1 B. pag. 94 et 118. Cullen, Lectures on the materia medica, édit. 2, pag. 6.

incommensurable d'une substance gazeuse, peut produire tout-à-coup la destruction de la machine animale. *Blumenbach* a le mérite incontestable d'avoir répandu quelque jour sur cette matière, par sa doctrine de la force * vitale particulière aux vaisseaux.

Comme j'ai éprouvé moi-même l'irritation galvanique dans l'alvéole d'une dent, sur plusieurs plaies à la main, et au moyen de quatre vésicatoires, et que j'ai continué quelquefois pendant $\frac{1}{4}$ d'heure des expériences comparatives, je suis probablement plus à même que tout autre de décrire l'espèce de sensation que cause l'irritation galvanique sur des parties dépouillées d'épiderme. Elle est certainement douloureuse, et elle l'est d'autant plus, que la partie galvanisée est plus excitable.

J'ai vérifié plus d'une fois cet axiome, que la force de l'irritation x est égale au produit du stimulant y et de l'incitabilité z, ou que $x = y z$.

Après avoir fait humecter les plaies de mon dos avec de l'acide muriatique oxygéné, ou avec du carbonate de potasse en déliquescence, je me

---

* Blumenbach, *de vi vitali sanguini neganda, vita autem propria solidis quibusdam corporis humani partibus adferenda.* 1795.

crus galvanisé avec de l'or ou de l'argent, qui sont les deux excitateurs les plus efficaces, quoiqu'on n'employât que deux pièces d'or uni à un alliage différent. y et z étant variables; x peut rester le même si l'un des facteurs est diminué dans la même proportion que l'autre est augmenté.

La sensation que le galvanisme excite en moi, ne me paraît pas avoir la moindre ressemblance avec celle que le fluide électrique occasionne. C'est une douleur d'une espèce particulière, qui est moins aiguë et moins poignante que celle que le fluide électrique produit. Je distingue dans cette sensation, une pulsation forte et un sentiment de pression, accompagnés d'une cuisson prolongée. La cuisson est beaucoup plus marquée, lorsque la plaie est couverte d'une armature d'argent et qu'elle est irritée avec une tige de zinc, que lorsqu'une plaque de zinc couvre la plaie, et qu'une pince d'argent sert à établir la communication. Le sentiment de pression est souvent si fort que je croyais avoir reçu un coup de poing sur les épaules, tandis qu'on m'assurait n'avoir touché que très-légèrement le bord des métaux.

Des cuisses de grenouilles affaiblies n'éprouvent souvent aucune contraction la première

fois qu'on les galvanise, et elles en manifestent de très-vives lorsqu'on a produit trois ou quatre contacts des excitateurs : j'ai aussi observé sur moi-même que les premiers contacts ne produisaient qu'une sensation légère, tandis que les quatre ou six suivants affectaient les organes d'une manière très-sensible. Le stimulant exalte-t-il l'incitabilité des organes, de manière que *z* soit augmenté, *y* restant le même? ou bien l'incitabilité *z* n'éprouve-t-elle aucune modification, et la substance irritante *y* est-elle seule augmentée? Je regarde la première de ces suppositions comme la plus probable, à raison de la grande volatilité dont un irritant aussi subtil doit être doué.

Je n'ai jamais émoussé la sensibilité de mes nerfs par l'application répétée des stimulants. La douleur allait toujours en augmentant lors même que le galvanisme était continué pendant plus de $\frac{3}{4}$ d'heure ; les plaies étaient encore enflammeés trois jours après les expériences, et je distinguais très-bien une différence entre la douleur de l'épaule gauche et celle de l'épaule droite, lorsque la première avait été la plus irritée. Pendant tout le temps que les métaux étaient en contact, les muscles du col et des épaules éprouvaient des mouvements très-visibles. Le trapèze

se gonflait prodigieusement, ses contractions se propageaient jusqu'à l'occiput, et elles faisaient même dresser les petits cheveux de la nuque.

L'irritation qui a lieu dans ces cas au dessus des parties galvanisées, c'est-à-dire, entre le point du nerf auquel l'armature est adaptée, et son origine, est très-remarquable; car on croyait en général que le fluide galvanique n'agit que du cerveau vers les extrémités. Cependant *Pfaff** a rapporté une expérience faite sur une grenouille, qui lui a fourni une observation semblable à la mienne.

Lorsqu'un des métaux touchait une plaie faite par les cantharides, et que l'autre touchait l'épiderme intact et sec, comme cette partie des téguments n'est pas conductrice, il n'y avait ni mouvements musculaires, ni sensations douloureuses. Mais les uns et les autres se manifestaient promptement lorsque des métaux hétérogènes étant appliqués comme armatures aux deux plaies, on établissait communication entr'eux avec un fil de fer. L'épiderme formait alors une espèce de pont, sous lequel le fluide galvanique passait en suivant le réseau de *Malpighi*. Des cuisses de grenouilles posées sur mon dos, ma-

* Pfaff, l. c. pag. 149.

nifestaient des contractions lorsque le zinc *m*, fig. 68, étant placé sur la plaie *u*, et le nerf crural *n* étant posé sur l'autre plaie, un conducteur d'argent était employé pour irriter près de *n* la peau mise à nu. Ce cas est analogue à celui qui est exprimé fig. 51, avec cette seule différence que la partie intermédiaire conductrice est ici une substance vivante.

Lorsque les métaux furent disposés de manière qu'ils ne se touchassent pas immédiatement, et qu'ils fussent séparés par un morceau de chair musculaire, par conséquent dans la formule $\underbrace{\textit{Nerf}\ \text{P H}\ p}$, il n'y eut ni mouvement ni douleur; mais l'un et l'autre se manifestèrent dès que la plaie eut été humectée avec une dissolution alcaline. L'expérience avec l'haleine $\underbrace{\textit{Nerf}\ \text{P H}\ p}\ \text{P}$ réussit également; mais celle $\underbrace{\textit{Nerf}\ \text{P H}\ p}\ \text{H P}$, dans laquelle les deux faces du métal intermédiaire hétérogène *p* sont couvertes d'un fluide en vapeurs, fut négative. Les expériences dans lesquelles le fil de fer, qui était ici communicateur entre les deux plaies, produisit sur plusieurs personnes placées dans la chaîne, des apparitions lumineuses et une saveur acidule, ont été rapportées dans le chapitre VII.

Plus le nombre des nerfs que le fluide gal-

vanique parcourt est considérable, plus les effets de l'irritation qu'il produit sont évidents. *Achard* de Berlin, dont on connaît la sagacité dans l'art de faire des expériences, est le premier qui ait établi communication entre la bouche et l'anus avec du zinc et de l'argent. De cette manière, il a excité des douleurs dans le bas-ventre, augmenté l'énergie de l'estomac, et opéré un changement dans les évacuations alvines. On avait lieu véritablement d'attendre d'une telle communication des effets importants, parce que l'application des excitateurs produit ici en même temps irritation sur les nerfs maxillaires supérieurs et à l'extrémité des nerfs grands sympathiques *, qui viennent de la premiere branche de ces nerfs et de ceux de la sixième paire.

Considérant que tous les nerfs du tronc sont excités dans l'expérience précédente, je conçus l'idée d'essayer si une irritation aussi active ne pourrait point rappeler à la vie de petits animaux très-irritables, lorsqu'ils sont atteints d'une mort apparente. Je choisis pour ces essais des oiseaux, parce que je connaissais la force de leur incitabilité par le fluide galvanique, qui est en proportion de la chaleur de leur sang.

---

* Walter, tab. *nervorum thoracis*, tab. 1, fig. 1.

J'attendis le moment où une linotte allait expirer.

Elle avait déja fermé les yeux, elle était étendue sur le dos, et l'irritation mécanique de la pointe d'une épingle excitée près de l'anus ne produisait aucun effet. Je me hâtai de placer une petite lame de zinc dans le bec et un petit morceau d'argent dans le rectum, et aussitôt après la communication fut établie entre ces métaux avec une tige de fer. Quel fut mon étonnement, lorsqu'au moment du contact l'oiseau ouvrit les yeux et se releva sur ses pattes en battant des ailes ! Il respira de nouveau pendant six ou huit minutes, et ensuite il expira tranquillement.

J'ai répété cette expérience avec succès sur deux serins, et je ne doute pas qu'elle ne fournisse un moyen de rappeler à la vie ces petits oiseaux élevés dans les appartements, et qui se noient quelquefois dans l'eau qu'on leur donne pour se baigner. La physiologie ne pourrait-elle pas payer ainsi une partie de la grande dette qu'elle a contractée envers la nature animée, par les nombreux massacres qu'elle a occasionnés?

Petit * avait observé, dès le commencement

* V. les Mémoires de l'académie des sciences de Paris, année 1727, pag. 137.

de ce siècle, que la section du nerf grand sympathique au col, occasionnait du trouble dans la vue; *Arnemann* a confirmé cette observation; l'union du grand sympathique avec la sixième paire du cerveau, explique très-bien ce phénomène. Mais ce qui m'a frappé davantage dans l'expérience d'*Achard*, que j'ai répétée plusieurs fois sur moi-même, c'est qu'en portant de l'argent un peu profondément dans le rectum, j'ai aperçu des lueurs très-vives devant mes yeux; je puis même certifier que je ne suis jamais parvenu à occasionner une sensation de lumière aussi forte par aucune autre application des métaux. Devait-on croire qu'une impression produite dans cet endroit pût se communiquer jusqu'aux organes de la vue par les nombreuses anastomoses des fibres nerveuses?

On peut faire encore cette remarque intéressante, que le fluide galvanique agit ici en remontant vers le cerveau, et que les nerfs ciliaires qui touchent le nerf optique, et dont la communication avec le nasal, les nerfs de la face, le nasal superficiel, le palatin, le vidien (101) et le grand sympathique, semble expliquer ce phénomène, se trouvent véritablement hors de la chaîne formée par les métaux entre le rectum et la langue.

Si, ayant lié les cuisses à une grenouille avec un fil de soie et posé son dos sur du zinc, on l'irrite dans l'anus, aussi avec du zinc, il n'en résulte aucun mouvement. Mais à peine aura-t-on touché l'anus avec de l'argent, que l'animal rompra ses attaches, en faisant un saut très-considérable. Si l'on trouvait un moyen commode de couvrir d'une armature une grande surface du rectum dans l'homme, son effet serait certainement plus efficace pour rappeler les noyés à la vie que l'usage de la fumée de tabac.

Les expériences que *Gentili*, *Creve* et *Starck* ont faites sur des bras et des jambes amputés, sont recueillies dans l'ouvrage de *Pfaff* *. Mais l'observation suivante du docteur *Grapengiesser* me semble plus intéressante que tout ce qu'on a publié à ce sujet; elle éclaire sur l'irritation des muscles dont l'action est involontaire. J'entretins, lors de son passage à Berlin, ce médecin instruit qui réunit constamment l'étude de la physiologie à celle de la pathologie, de mes nouvelles expériences sur les changements de l'excitabilité dans les organes des animaux. Il

---

* Pfaff, l. c. pag. 112. Creve, vom. metallreiz 1796, pag. 77.

me promit alors de suivre la route que j'avais ouverte ; et on verra par l'extrait suivant d'une de ses lettres, comme il a tenu sa promesse. « Parmi « un grand nombre d'objets intéressants, m'é- « crit-il de Dresde, j'ai vu, dans l'hôpital mi- « litaire, un malade qui a surtout fixé mon « attention. Ce malheureux portait, depuis nom- « bre d'années, une hernie scrotale très-consi- « dérable. Cette hernie s'étrangla par un acci- « dent ; on y appliqua des émolliens, ce qui « donna lieu à une suppuration considérable, à « la suite de laquelle il se fit aux téguments, une « ouverture par où sort actuellement une por- « tion des gros intestins, c'est-à-dire, le cœcum, « le colon transverse et une partie du colon « droit. Les intestins sont renversés de manière « que leur surface intérieure est devenue exté- « rieure. Quand le malade est assis, l'*ileon* sort « avec le colon, et ces intestins pendent jusqu'au « genou : on voit de chaque côté une ouverture : « les lavements qu'on fait prendre au malade sor- « tent par l'une des deux, et l'autre donne issue « aux excréments et à des aliments mal digerés. « On aperçoit, entre le colon et l'intestin grèle, « un anneau assez gros et dur qui les sépare « exactement, et qui étrangle tout ce paquet. « Je suppose que c'est la valvule du colon qui

« a été fortement distendue par le renversement « des intestins, et qui a perdu sa première con- « figuration, depuis sept années que dure la « maladie.

« Je me proposai, aussitôt que j'eus examiné « ce malade, d'essayer le galvanisme sur lui; le « malade se prêta volontiers aux expériences; « celles que vous aviez répétées plusieurs fois « sur vous-même ne me faisaient d'ailleurs « craindre aucune espèce de danger.

« J'armai une portion des intestins avec de « l'argent, et l'autre portion avec du zinc. A « peine le contact fut-il établi entre les deux ar- « matures, que le mouvement péristaltique se « trouva considérablement augmenté, et que « les ondulations se succédèrent rapidement. « Le malade éprouva une cuisson d'une espèce « particulière dans les endroits touchés par les « métaux. Le galvanisme parut augmenter l'ac- « tion des glandes muqueuses et celle des vais- « seaux exhalants, et rendre leurs sécrétions « plus abondantes, comme il avait augmenté la « sécrétion de la sérosité dans les plaies que vous « vous étiez fait faire sur le dos. De grosses « gouttes de suc intestinal coulèrent en peu de « minutes sur les métaux.

« Me rappelant les expériences relatives aux

« effets des alcalis sur les nerfs, j'humectai lé-
« gèrement la surface de l'intestin grêle avec du
« carbonate de potasse en déliquescence ; le mou-
« vement vermiculaire des intestins devint alors,
« à mon grand étonnement, au moins six fois
« plus fort qu'il n'était auparavant, quoiqu'il n'y
« eût qu'une armature ; le malade sentit en
« même temps la cuisson augmenter. Je n'at-
« tribue ce phénomène qu'au changement de
« l'incitabilité, car la sensation que produisait la
« dissolution alcaline sans irritation métallique,
« était très-faible et passagère. J'aurais desiré
« de faire encore quelques expériences avec des
« acides et avec d'autres substances, pour vé-
« rifier l'opinion que vous avez manifestée sur
« l'inertie des fibres musculaires de l'estomac,
« occasionnée, dans quelques circonstances, par
« l'action des acides sur les nerfs de cet organe;
« mais je n'ai pas osé abuser de la patience de
« ce pauvre malade. »

Ces observations, dues à la sagacité du docteur *Grapengiesser*, sont instructives à plusieurs égards. Jamais les physiologistes n'ont douté que le mouvement vermiculaire des intestins ne fût involontaire. Or nous voyons qu'ils obéissent parfaitement à l'irritation métallique. L'assertion avancée par les physiciens Italiens, que le

galvanisme n'agit que sur des muscles dépendants de la volonté, est donc sans fondement (102). Cette expérience nous apprend encore, que le mouvement péristaltique des intestins est uniquement l'effet de l'irritation des nerfs; car j'ai démontré, au commencement du chapitre VI, que le stimulant galvanique n'agit que lorsque la fibre sensible est armée, et que partout où cet agent opère quelque changement dans l'économie animale, on doit le regarder comme l'effet d'une irritation nerveuse.

C'est à dessein que je mets en avant, cette assertion, parce que *Haller* fonde sa doctrine de l'irritabilité musculaire proprement dite et indépendante de la fibre sensible, sur le mouvement des intestins. La belle structure de leurs diverses membranes et les différentes couches de leurs fibres musculaires, ne doivent pas nous faire perdre de vue le réseau nerveux considérable qui pénètre dans leur tissu cellulaire. Combien de filets nerveux ne devons-nous pas supposer par analogie dans les vaisseaux sanguins, dans les membranes des vaisseaux lymphatiques *, et dans la tunique externe des intestins? Il est, par

* Sœmmering Eingeweidlehre 1796, pag. 314. Hirnlehre, §. 192.

conséquent, impossible d'irriter le canal intestinal sans irriter des nerfs, comme *Haller* le demandait *. Toute piqûre faite à la tunique musculaire d'un intestin, atteint probablement un nerf, ou sa sphère active et sensible. Le mouvement des fibres est le résultat de l'action des nerfs et de celle des muscles; et demander quel est celui de ces deux genres d'organes auquel on doit l'attribuer principalement, c'est demander, si une pompe aspirante peut se passer plus facilement de piston que de soupape. Ce qui confirme encore cette assertion, c'est que les substances qui agissent sur les intestins, opèrent à peu près de même sur les muscles, lorsqu'elles sont en contact avec les nerfs qui se distribuent à ces muscles. Mais celles de mes expériences qui sont relatives à cet objet, et qui répandent quelque jour sur les fonctions de la digestion, ne pourront être rapportées que dans un des chapitres suivants.

C'est à tort que beaucoup de physiologistes ont nié que le canal intestinal fût excitable par le fluide galvanique ; ils se sont également trompés en refusant au cœur la même propriété,

---

** Grundriss der physiologie 1788, pag. 305. Meyer, Beschr, d. m. Korpers, 3 B. pag. 44.

à l'époque où l'on discutait beaucoup la question de savoir, si un muscle aussi important que le cœur a des nerfs propres, ou s'il ne reçoit que ceux qui appartiennent à ses vaisseaux sanguins. *Behrends** s'est principalement fondé, pour nier l'existence des nerfs de cet organe, sur l'inefficacité de l'irritation galvanique. La promptitude avec laquelle cette opinion s'est répandue, semble dépendre du desir de voir constater l'indépendance de l'irritabilité et de la sensibilité.

Schmuck a observé le premier l'incitabilité du cœur par le fluide galvanique. Il a fait ses expériences cinq mois avant *Fowler*. Mais ce dernier est parvenu le premier à changer les pulsations du cœur sans lui appliquer d'armatures immédiatement, et seulement en les adaptant, dans des animaux à sang chaud, au nerf récurrent du moyen sympathique et au grand sympathique. *Pfaff*, *Ludwig*, *Creve* et *Webster* **

* Behrends, *Dissert. quâ demonstratur cor nervis carere*. Moguntiæ 1792.

** Pfaff, l. c. pag. 121 - 181 - 198. — Creve et Klein, *de metallorum irritament.* 1794, pag. 14. — Ludwig, *scriptor. nevrolog. minor. select.* tom. 4, pag. 408, exper. 3. — Webster Thatsachen über verbindung das magens mit dem leben 1796, pag. 4. — Creve, metallreiz, pag. 96.

ont confirmé les observations de *Schmuck*, en répétant ses expériences sur des grenouilles. Mais comme dans plusieurs de ces essais la fibre musculaire avait été touchée par des métaux, on soupçonna qu'il y avait eu irritation mécanique, en sorte que ce fait important méritait d'être examiné de nouveau (103). J'ai entrepris, dans ce dessein, une suite d'expériences avec mon frère aîné; comme elles ont été faites sous les yeux de physiologistes célèbres qui en ont observé attentivement toutes les circonstances, nous n'avons sans doute été nullement induits en erreur.

Nous fîmes tuer successivement un renard et deux lapins. Dans ces trois animaux le cœur fut enlevé, et un des filets nerveux qui s'y portent fut préparé promptement, de manière qu'on pût y appliquer des armatures sans toucher le cœur.

Mon frère arma le nerf seulement, et à chaque contact des métaux, les pulsations du cœur furent manifestement changées ; leur vîtesse, mais surtout leur force et leur élévation furent augmentées. Et comme ces effets n'avaient lieu qu'à la suite du contact des métaux avec le nerf, on doit en conclure qu'ils étaient dus à ce contact ; d'ailleurs ils ne dépendaient nullement d'une irritation mécanique exercée

sur le nerf et communiquée au cœur, car si l'on touchait le nerf avec du bois ou avec un seul métal, les pulsations du cœur n'en éprouvaient aucun changement. Nos essais ont présenté les mêmes résultats sur les trois animaux.

Si l'on s'étonne de ce qu'une expérience aussi simple n'ait pas réussi à d'autres physiciens, nous répondrons que toute irritation exige un certain degré d'incitabilité dans les organes, et que, pour cette expérience, il est nécessaire que les parties soient préparées avec beaucoup de promptitude. Des milliers de grenouilles ne sont irritées qu'autant qu'on leur applique deux armatures que l'on unit avec un communicateur. Cependant l'expérience fig. 9 n'en est pas moins vraie.

Ces essais présentent encore d'autres difficultés, car il est impossible de préparer le plexus cardiaque en entier, sans laisser éteindre la vitalité du cœur (104); il faut se borner à dégager à la hâte quelques-uns de ces filets de nerfs qui sont d'ailleurs si fins, qu'ils n'offrent que très-peu de surface aux armatures. Il n'est sans doute pas étonnant, avec des circonstances aussi défavorables, que le stimulus soit souvent inefficace.

Les expériences galvaniques que j'ai faites sur le cœur des grenouilles, des lézards et des

crapauds ont presque toujours réussi. Le procédé le plus facile est de placer contre le cœur, dans des endroits différents, deux petits morceaux de chair musculaire, ou de toute autre substance conductrice, de cinq à six lignes de long, et de leur appliquer deux armatures, l'une de zinc, l'autre d'argent. Si les pulsations ont cessé depuis quatre ou cinq minutes, elles reparaissent immédiatement après le contact des métaux, et elles se soutiennent pendant deux ou trois minutes sans discontinuer. Mais si la force musculaire est presqu'entièrement détruite, le passage du fluide galvanique n'occasionne qu'une seule contraction. Si l'on fait les expériences sur un cœur encore palpitant, et que l'on compte les pulsations, on verra que s'il y en a 21 dans une minute, après le galvanisme il y en aura de 38 à 42. Les pulsations ne se succèdent-elles qu'après des intervalles de 25 secondes ? Si on met les métaux en contact immédiatement après une pulsation, on observera qu'aussitôt, quatre ou cinq pulsations auront lieu en huit ou dix secondes. Peut-on desirer des expériences plus concluantes que celles-ci, dans lesquelles le cœur posé sur un plateau de verre est irrité par le fluide galvanique, sans être mis en contact avec un métal ? Ces phénomènes ont la plus grande ana-

logie avec ceux que nous observons dans les muscles dont les mouvements dépendent de la volonté ; dans ceux - ci, comme dans le cœur, l'irritation métallique produit des contractions lors même qu'on ne peut plus occasionner aucun changement dans l'organe en l'irritant mécaniquement, en le pressant ou en le pinçant.

J'appliquai contre le cœur d'un rat des morceaux de chair un peu longs, avec lesquels je mis les armatures en contact, de manière que celles-ci étaient distantes de l'organe. Le cœur, ayant presque cessé de se contracter, je le plaçai à côté d'un cœur de grenouille, et aussitôt qu'ils furent mis en contact, le fluide galvanique passant à travers les deux cœurs, y excita des contractions simultanées.

Les cœurs des poissons qui, d'après mes expériences, sont les plus incitables par l'acide muriatique oxygéné, sont aussi les plus excitables par l'irritation métallique.

Je joins ici deux expériences que j'ai faites à Leipzic, avec mon ami *Fischer*.

Le cœur d'une carpe était tellement affaibli que nous n'y observions qu'une pulsation dans quatre minutes, et les irritations mécaniques n'y occasionnaient pas la moindre accélération. Je le galvanisai, en plaçant dans le con-

ducteur quelques morceaux de chair musculaire, et les pulsations se manifestèrent de la manière suivante :

Dans la 1.re minute, 35 pulsations.
2.e 31
3.e 23
4.e 12
5.e 3

Une seconde application du galvanisme porta le nombre des pulsations jusqu'à 25 par minute; et nous entretînmes ainsi les mouvements pendant près d'un quart-d'heure.

Le cœur d'une tanche, sur lequel nous répétâmes ces expériences, nous offrit à peu près les mêmes résultats.

Les fibres musculeuses de cet organe n'obéissent pas seulement aux métaux les plus actifs, tels que l'or et le zinc, ou le zinc et l'argent. Je me souviens d'avoir disséqué, en Pologne, des poissons de la Vistule, qui étaient tellement excitables, que le fer et l'argent, et même le cuivre et le plomb, suffisaient pour occasionner des changements dans les pulsations du cœur.

Il n'est donc plus douteux, d'après ces expériences, que l'irritation métallique agisse et sur les muscles dépendants de la volonté, et sur ceux qui en sont indépendants; mais sur ceux-ci,

plus faiblement que sur les autres. Et comme il a été prouvé plus haut, que les phénomènes galvaniques ne sont déterminés qu'au moyen des fibres sensibles, ces expériences confirment encore cette vérité très-importante : que les contractions du cœur sont modifiées par l'influence nerveuse. Comme cette partie-ci de mon ouvrage est spécialement consacrée à l'exposition des phénomènes galvaniques, je passe à présent sous silence d'autres preuves que je pourrais rapporter du même fait; mais j'exposerai plus loin une suite d'expériences consistantes dans l'application d'agents chimiques sur des cœurs palpitants, ce qui répandra d'autant plus de jour sur l'influence nerveuse, qu'en cette matière, on s'est répété bien plus qu'on n'a observé la nature.

Une question qui se présente à résoudre ici, c'est de savoir pourquoi, dans un cœur galvanisé, l'irritation est toujours la même, quel que soit le point du cœur où l'on applique les morceaux de chair musculaire employés comme parties du conducteur ?

On peut répondre à cette difficulté, que les nerfs du cœur qui tirent leur origine des ganglions cervicaux et du premier ganglion thorachique, ne sont pas en si petit nombre qu'on le pense ordinairement, comme on le voit par les

descriptions d'*Andersch*, par le grand ouvrage d'anatomie de *Sœmmering*, et surtout par les planches que *Scarpa* a données des nerfs cardiarques et glossopharingiens *.

D'ailleurs, de grands physiologistes regardent comme vraisemblable, que les nerfs du mouvement se divisent à leur insertion dans les muscles, comme le nerf optique dans la rétine, en un nombre incalculable de faisceaux qui s'entrelacent avec les fibres irritables. La substance médullaire des nerfs du cœur ne pourrait-elle pas être répandue ainsi entre ses fibres musculaires? Lorsque des morceaux de chair faisant partie du conducteur touchent la surface du cœur dans un point quelconque, il est donc très-probable qu'ils se trouvent en contact avec des filets venant du plexus cardiaque **.

Scarpa a suivi des filets nerveux très-déliés et très-menus, jusqu'aux oreillettes du cœur, et même jusqu'aux ventricules, dans des bœufs et dans des chevaux; et en prenant pour termes de comparaison les petites ramifications nerveuses des muscles du bras et le nerf optique, il lui a

---

* Valter, Mémoires de l'académie de Berlin, 1785, pag. 58.

** Humboldt, *Flora fribergensis subterranea*, pag. 153.

paru que les nerfs destinés à des fonctions indépendantes de la volonté, contenaient bien plus de substance médullaire que les autres nerfs. La grande quantité de cette substance qui se trouve dans le plexus cardiaque, semble confirmer cette idée.

Mais quand même on supposerait qu'il n'y a qu'un seul filet nerveux dans toute la substance du cœur, et que ce filet ne se trouve pas en contact avec le conducteur, les résultats pourraient toujours être tels que nous les observons, conformément aux lois du galvanisme précédemment énoncées; car les fibres musculaires, ainsi que les parties membraneuses du cœur, ne sont pas seulement conductrices, comme toutes les substances humides; mais elles ont une activité dépendante de leur mélange chimique particulier. Le cas dont il s'agit se rapportera donc à ceux exprimés par les fig. 51 et 68 où il y a armatures médiates.

CHAPITRE X.

Cause des phénomènes galvaniques. — Théorie de la bouteille de Leyde appliquée au galvanisme par l'école de Bologne. — Opinion de Valli. — *Les organes animaux sont-ils purement passifs dans le galvanisme, et ne font-ils qu'obéir à une irritation extérieure? — Propriété électrique des métaux. — Théorie ingénieuse de* Volta *sur la destruction de l'équilibre électrique entre trois substances. — Expériences qui réfutent sa théorie. — Les organes pouvant manifester seuls et par eux-mêmes les phénomènes galvaniques, il est évident qu'ils renferment la cause stimulante. — Conditions nécessaires pour que l'irritation métallique reste efficace dans les différents degrés d'affaiblissement de l'incitabilité. — Théorie de l'auteur, fondée sur l'existence d'un fluide particulier dans les organes, et sur son accumulation occasionnée par les obstacles qu'il rencontre. — Essai d'une explication de tous les phénomènes fondée sur un petit nombre de principes simples. — La théo-*

rie proposée n'exclut point la coopération d'autres causes dans les phénomènes galvaniques, telles que la propriété électrique des métaux, leur température, la décomposition des fluides. — Est-il indispensablement nécessaire d'admettre l'émanation d'un fluide? — Essais d'une explication purement dynamique. — Les fluides galvanique et électrique sont-ils identiques? — Nouvelles expériences qui réfutent cette identité. — Le fluide galvanique est-il une modification du fluide électrique? — Aperçu de ce que l'on connaît sur la nature chimique de l'électricité. — Il n'est point prouvé que les poissons appelés électriques, présentent des phénomènes électriques. — Influence de la force magnétique sur les organes sensibles. Peut-être les fluides galvanique, électrique et magnétique, ne diffèrent-ils les uns des autres que très-peu. — Quelle peut être l'influence de l'eau évaporée et décomposée? — Effets de l'oxygène. — Doutes proposés relativement à l'explication du galvanisme donnée par Creve. — *Effets particuliers du zinc. — Nouveaux essais sur la décomposition de l'eau par le moyen du*

contact de métaux hétérogènes. — Atmosphère active des organes vivants. — Hypothèses qui y sont relatives.

Les chapitres précédents ont été consacrés à l'exposition des phénomènes galvaniques dans toute leur étendue. J'ai passé successivement des conditions les plus simples aux plus composées. Je me suis appliqué non-seulement à examiner celles qui sont relatives à la chaîne galvanique, mais aussi à poursuivre les phénomènes dans toute la nature organisée. Quoique l'occasion se soit souvent présentée d'ajouter des observations chimiques, zoologiques et physiologiques, je l'ai soigneusement écartée, ainsi que toute espèce de conjecture relative aux causes du galvanisme; m'étant fait un devoir de présenter tous les faits qui ont un rapport immédiat au galvanisme aussi isolés qu'il est possible : de cette manière le lecteur voit clairement jusqu'où s'étend déja cette nouvelle branche de nos connoissances, et son jugement n'est nullement influencé par les idées en faveur desquelles il aurait pu se prévenir, si elles lui avaient été présentées plus tôt. D'ailleurs, la simple exposition des faits présente encore cet avantage qu'elle resterait toujours intéressante à l'avenir, même

dans la supposition que la physique et la chimie prissent à l'avenir une nouvelle face.

Il est temps de considérer les phénomènes du galvanisme dans leurs rapports avec d'autres forces de la nature. Nous devons tâcher d'embrasser tout l'ensemble des expériences qui y sont relatives, et de découvrir quelque liaison entre ces lois de la matière qui semblent se soustraire à nos recherches ; semblables aux géologistes qui, après avoir observé en détail les montagnes, les couches qui les forment et les vallons qui les séparent, cherchent à gagner une éminence d'où ils puissent tout apercevoir d'un coup-d'œil et acquérir une idée exacte de l'ensemble. Quelque peine que nous prenions pour étendre ou pour rectifier les connaissances acquises par nos expériences, elles ne nous conduiront jamais à ces résultats incontestables qu'on ne doit attendre que des sciences exactes.

Avant d'entreprendre la solution d'un problême, il est nécessaire de l'exposer clairement. Les lois galvaniques développées dans le chapitre V, présentent l'énumération des conditions dans lesquelles les phénomènes ont lieu et n'ont pas lieu. Il en est, sans doute, des lois fondamentales dans les sciences d'observations telles que la

chimie, la physique et la physiologie; mais elles n'indiquent pas les rapports des phénomènes avec les causes qui les produisent; or nous ne nous contentons pas de connaître simplement les cas dans lesquels des métaux homogènes ou hétérogènes, des substances évaporables ou non évaporables, produisent ou ne produisent pas des contractions musculaires : nous desirons saisir les différentes circonstances particulières, savoir, par exemple, pourquoi un métal hétérogène sec ou humecté sur ses deux faces, placé entre deux métaux homogènes, est entièrement inefficace.

L'examen des causes du galvanisme, comme toutes les recherches de ce genre, conduit plutôt à la réfutation des théories adoptées, qu'à la découverte d'une théorie nouvelle et solide. Si on jette un coup-d'œil sur les différentes branches de la physique, on sera étonné de ne trouver, pour ainsi dire, que le phénomène de l'arc-en-ciel parfaitement expliqué, ce qui est dû à ce qu'il tient à des causes susceptibles de démonstration. Cependant, depuis deux mille ans, on n'a fait aucune expérience en physique, sans concevoir en même temps des hypothèses. Plus les phénomènes que l'on examine ont de rapport avec l'organisation et la vitalité, plus l'obscurité qui

enveloppe leur cause est impénétrable, et plus le champ qui s'offre à l'imagination est étendu. Il n'est donc pas étonnant que le premier observateur qui vit des contractions musculaires occasionnées dans les cuisses d'une grenouille, par l'application des métaux, ait imaginé une théorie qui s'est trouvée renversée par de nouvelles expériences.

Les phénomènes galvaniques sont des phénomènes d'irritation. Certaines substances mises en communication avec des organes excitables, et disposées en chaîne ou d'une autre manière, font passer ces organes, du repos à l'état d'action ; elles font contracter les fibres musculaires, elles excitent dans les nerfs des organes de la vue et du goût, les sensations qui leur sont propres, et elles font sécerner aux vaisseaux, des fluides d'une nature particulière. Mais quel est le stimulant qui donne lieu à tous ces changements? est-ce une substance étrangère aux organes et qui vient s'y unir? est-ce un des principes qui les composent qui y occasionne une modification en s'en séparant? ou leur combinaison chimique reste-t-elle la même, et n'y a-t-il qu'un changement de forme et de situation respective dans leurs molécules produit par une oscilliation ou par une secousse

mécanique ? Une substance déja connue dans la nature, telle que le fluide électrique ou le fluide magnétique, le calorique, l'oxygène, l'azote, y joue-t-elle un rôle, ou existe-t-il une force inconnue modifiée par la vie qui y coopère ? Il se présente à celui qui observe les phénomènes galvaniques, un grand nombre de questions semblables. Mais plus les causes sont enigmatiques et ignorées, plus elles piquent notre curiosité et plus elles fixent notre attention.

Dès ses premières expériences, *Galvani* pensa qu'il se faisait une décharge de fluide entre les nerfs et les muscles, et sa sagacité lui fit bientôt concevoir que si les contractions musculaires dépendaient de l'inégale répartition d'un fluide irritant, il fallait que ce fluide fût accumulé dans les organes excitables. Mais *Galvani* fut trop prompt à déterminer cette repartition ; trouvant, dans sa découverte, quelqu'analogie avec la bouteille de Leyde, il regarda la surface extérieure des muscles et celle des nerfs, comme possédant de l'électricité négative, et la substance médullaire des nerfs comme possédant de l'électricité positive ; ces organes représentaient, selon lui, des bouteilles de Leyde.

On pardonnera aisément cette hypothèse, à un savant ingénieux auquel on est rede-

vable d'une aussi grande découverte. Dès que *Volta* eut fait connaître sa propre application de la théorie de la bouteille de Leyde au galvanisme, les physiciens de Bologne s'empressèrent de soutenir leur opinion, et *Aldini* * entreprit une longue suite d'expériences extrêmement ingénieuses, pour prouver que les muscles sont chargés d'électricité, comme des bouteilles de Leyde. Il est fâcheux qu'on se soit attaché à des idées compliquées et embrouillées, au lieu d'examiner avec attention les bases très-simples de la théorie de *Volta*.

Je ne m'arrêterai point à développer ici l'opinion de l'école de Bologne. *Pfaff* l'a déja fait avec sa clarté ordinaire, et il en a donné une réfutation très-profonde **.

Toute idée d'analogie entre le galvanisme et la bouteille de Leyde, a déja été détruite par d'anciennes expériences ; mais la réfutation de cette analogie paraîtra encore plus complète, si l'on examine attentivement plusieurs de mes expériences, entr'autres celles fig. 9 et fig. 12.

Un nerf recouvert de sa tunique extérieure

---

* *De animali electricitate.* Diss. 2, 1794, pag. 35-40.

** Pfaff, l. c. — Volta, seconde lettre à Vassali. — Gehler's Wœrterbuchs, 5 B. pag. 290.

est posé sur une armature de zinc; l'extrémité coupée du nerf par où la substance médullaire s'échappe, est supportée sur du verre qui est une substance isolante, de manière que le zinc ne touche absolument que la surface extérieure du nerf; un second morceau de métal, soit homogène, soit hétérogène, est mis en contact avec un point quelconque de l'armature; on aperçoit des contractions dans le muscle, quoique ce second morceau de métal en reste fort éloigné, ainsi que du nerf. Quelle communication y a-t-il dans ce cas très-*simple*, entre l'intérieur du muscle et sa surface extérieure? Cette espèce de bouteille électrique se décharge-t-elle lorsqu'on pose le nerf sur l'armature? ou quelle influence le second métal a-t-il sur la décharge?

Un nerf étant armé médiatement, fig. 51, il n'est pas nécessaire pour que les contractions aient lieu, que le communicateur touche l'organe lui-même, il suffit qu'il touche la substance conductrice sur laquelle le nerf est posé. Comment l'hypothèse dont nous parlons expliquerait-elle ce phénomène? émane-t-il de la surface extérieure du nerf ou de son intérieure, de l'électricité qui se porte dans la substance conductrice? mais dans ce cas, la décharge se ferait

spontanément aussitôt que le nerf est mis en contact avec cette substance; comment le communicateur d'argent *p* pourrait-il occasionner une décharge, puisqu'il ne touche les organes en aucun point? L'analogie des muscles et des nerfs avec la bouteille de Leyde, paraissait encore appuyée par les phénomènes du *gymnotus electricus* de Cayenne, que *Hunter* * a disséqué; et cette analogie a même été encore développée par *Bedoes* et par *Darwin* **. Ce dernier a cherché à expliquer le raccourcissement des fibres musculaires, par une expérience électrique. Vingt petites bouteilles de Leyde furent suspendues avec des fils de soie très-fins, à une certaine distance les unes des autres. L'électricité extérieure de l'une était positive, celle de la suivante était négative, et ainsi alternativement. Lorsqu'on établit communication entre la surface extérieure de la première, et la surface extérieure de la seconde, toutes ces bouteilles se rapprochèrent les unes des autres, et la ligne qu'elles formaient fut ainsi raccourcie. Quelqu'in-

* An account of the gymnotus electricus, philos. Transactions, vol. 65, pag. 395.

** Medical extracts, vol. 2, pag. 118-126. — Darwin, zoonomia. Vol. 1, pag. 105.

génieuse que soit cette expérience, elle ne présente qu'une analogie extrêmement éloignée avec les muscles. Il serait peut-être plus simple de considérer toutes les fibres musculaires comme étant électrisées positivement au moment de leur gonflement, et comme douées d'une force répulsive dans un certain diamètre, et d'une force d'attraction dans un autre.

Mais les fibres irritables ne sont pas véritablement cylindriques et placées parallèlement sans se toucher. *Leeuwenhoeck* et *Prochasca* n'ont-ils pas démontré que les fibres du cœur, de *la* vessie et de l'œsophage qui étoient considérées comme simples, sont ramifiées et entrelacées les unes avec les autres? Le tissu cellulaire ne traverse-t-il pas les fibres musculaires dans tous les sens? or, comment peut-on supposer une répartition inégale de l'électricité dans un corps dont toutes les parties sont environnées d'une substance conductrice? La même difficulté se présente pour les nerfs dont on a prétendu qu'une portion était conductrice de l'électricité positive, et l'autre, de l'électricité négative; opinion qui se rapproche beaucoup de celle de *Sœmmering* *. Chacun des nerfs est composé de fibres

* Sœmmering's Hirnlehre 1791, pag. 181.

réunies ensemble, et les muscles sont irrités, lors même qu'on n'agit que sur un filet très-fin d'un nerf divisé longitudinalement, en armant ce filet seulement? Or, est-il croyable que ce filet renferme toujours deux fibres, dont l'une est électrisée positivement et l'autre négativement?

Abandonnons cette théorie qui sera probablement oubliée aussi vite que l'ont été les calculs de *Sauvages* sur la vîtesse des esprits vitaux; mais le nom de *Galvani* ne périra point; les siècles futurs profiteront de sa découverte, et, comme le dit *Brandes* *, « ils reconnaîtront que « la physiologie doit à *Galvani* et à *Harvey*, ses « deux bases principales. »

Je passe sous silence la théorie de *Valli* sur le mouvement animal; elle est analogue à l'hypothèse de *Galvani*, mais elle est si embrouillée, que chacune des expériences sur l'irritation métallique ** lui sert de réfutation.

Dans tous ces essais d'explication du galvanisme, on a supposé la cause stimulante existante dans les organes eux-mêmes. D'autres physiciens ont imaginé que les organes n'étaient que passifs,

* Versuch über die Lebenskraft. Hanover, 1795, pag. 82.

** Pfaff, l. c. pag. 339-343.

que l'irritation provenait des substances employées, et que le nerf ne jouait que le rôle d'une substance électroscope. *Reil* * a manifesté cette opinion à une époque où elle paraissait assez probable, d'après le petit nombre d'expériences qu'on avait faites alors. Le premier essai de *Galvani* **, dans lequel une cuisse de grenouille vint à se contracter, un métal ayant été mis en contact avec le nerf crural dans le voisinage d'une machine électrique en activité, avait fait voir combien la fibre animale est sensible aux impressions du fluide électrique; *Reil* a fait des expériences analogues sur des hommes, en leur plaçant un conducteur sur l'articulation du bras avec l'avant-bras; *Volta* a vu un muscle éprouver une forte secousse, en y occasionnant une décharge électrique si faible que l'électromètre de *Bennet* marquait à peine $\frac{1}{40}$ de degré; et combien est faible l'électricité qui produit chez certaines personnes, lorsqu'un orage est encore éloigné, des maux de nerfs, des suffocations, des coliques! *Reil* et *Gren* pensaient que le frottement des métaux en dégageait de l'électricité qui passait

---

* Gren, Journal de phys. 6 B. pag. 402. — Reil et Gauthier, *de irritabilitate* 1793, pag. 133.

** Gehler's Woerterbuch, 5 B. pag. 270.

dans les nerfs ; les anciennes expériences de *Hemmer* * paraissaient d'accord avec cette opinion, et plusieurs physiologistes ont attribué le galvanisme à un dégagement d'électricité.

Mais depuis les nouveaux progrès que cette partie de la physiologie expérimentale a faits, nous ne pouvons nous contenter d'une telle explication. Il n'est cependant pas douteux que les métaux ne soient faiblement électrisés; constamment et sans être frottés.

Bennet a recueilli à ce sujet des expériences intéressantes. De même que les corps plongés dans l'atmosphère absorbent une quantité de calorique proportionnée à leur capacité pour lui, des substances telles que la cire à cacheter, les métaux, les bois, c'est-à-dire, des substances idéo-électriques, conductrices et demi-conductrices, accumulent plus ou moins de matière électrique dans les changements que l'atmosphère éprouve; l'électromètre fait apprécier la quantité d'électricité dégagée, comme le thermomètre sert à déterminer celle du calorique mis en liberté.

Hube a expliqué d'une manière très-ingénieuse, au moyen de cette faible charge électri-

* Rozier, Journal de physique, juillet 1780.

que, le phénomène décrit par *du Fay* *, que la rosée est repoussée par des lames de métal ou de verre étamées, et qu'elle est attirée par les mêmes lames non étamées. *Lampadius* a cependant combattu cette explication, parce que, selon lui, une feuille d'étain ne se trouve pas humectée par la rosée, quand on l'a posée sur l'herbe, et mis par conséquent en contact avec la terre **; il pense que le métal communicant alors avec une substance conductrice, il ne peut attirer son électricité, ni acquérir la propriété répulsive (106). Mais quoique le calorique et l'électricité tendent sans cesse à se mettre en équilibre dans toutes les substances plongées dans l'atmosphère, cette tendance a rarement son effet, à raison des obstacles sans nombre qui s'y opposent, et des variations qui ont lieu dans l'air atmosphérique. Ainsi, les eaux de l'océan qui tendent à former une surface horizontale, présentent cependant toujours des vagues.

---

* Hube, über die ausdunstung in der atmosphere 1790. cap. 35. — Du Fay, sur la rosée; et dans les mémoires de l'académie des sciences, pour l'année 1763, pag. 342. — Gersten, *Tentamen systemat. novi ad mutat. barometr.* etc. 1735.

** Lampadius, versuch über die electricitæt.

Il n'y a pas de doute qu'un métal isolé n'absorbe plus d'électricité de l'air que du bois isolé, et que si ces deux substances viennent à se toucher, l'électricité ne tende à se partager également entr'elles; mais si le métal qui se trouve ainsi privé d'une partie de sa prépondérance électrique, reste environné de l'atmosphère qui est électrique, il enlevera à l'air une nouvelle quantité de ce fluide, à raison de sa grande affinité pour lui, et il agira comme demi-conducteur. Ce métal reçoit et transmet donc sans cesse; il me paraît, en conséquence, vraisemblable qu'une feuille d'étain, quand même elle est posée immédiatement sur la terre qui est conductrice, contient cependant plus d'électricité que la terre elle-même.

Si j'ose emprunter un exemple du calorique, j'observerai que de l'eau bouillante dans laquelle on plonge un bout d'une barre de fer, lui communique du calorique, mais qu'elle conserve encore une température plus élevée que les substances environnantes (107).

Quoiqu'il soit certain que les métaux possèdent un haut degré d'électricité, on ne peut expliquer le galvanisme par cette circonstance.

On trouve le passage suivant dans le Mounthly

Rewiew * : « M. *Bennet* a démontré, par son « Duplicateur, que les métaux sont toujours dans « un état d'électricités pontanée; nous attribuons « à cette propriété les effets du galvanisme, et « nous en concluons, que l'électricité extérieure « est le seul agent qui y joue un rôle; qu'en « stimulant les nerfs, il les met en état de rem-« plir leurs fonctions et de faire contracter les « fibres musculaires. »

Plusieurs physiciens **, entraînés par cette opinion, ont considéré les organes comme passifs, dans les phénomènes galvaniques, et comme des substances simplement électroscopes; mais des recherches attentives m'ont prouvé la fausseté de cette idée. J'ai démontré dans le chapitre II, fig. 2, 3, 4, 5, 7, que dans l'état d'incitabilité exaltée, les contractions peuvent avoir lieu, sans que des métaux ni des substances charbonneuses y aient la moindre part. Je porte un muscle de la cuisse d'un animal, contre le nerf grand sympathique mis à découvert, et avec lequel il est encore uni organiquement, toute la machine éprouve les secousses les plus fortes.

* Août 1793. Pfaff, l. c. pag. 326.

** Gmelin's lehrbuch der naturlehre 1796, 1 B. pag. 410. — Aldini, l. c. §. 1.

Peut-on voir dans cette expérience une décharge électrique entre des métaux ?

Mais, en supposant même que les métaux soient nécessaires pour les phénomènes galvaniques, et qu'ils éprouvent un frottement (108) considérable lorsqu'ils ont lieu, les expériences directes de *Cavallo* démontrent encore que ces phénomènes ne doivent point être confondus avec les effets connus de l'électricité. Ce physicien * détermine très-exactement le plus faible degré de charge électrique capable de produire des mouvements musculaires. En électrisant un métal, de manière que les morceaux de liége de l'électromètre ne s'écartent que de $\frac{1}{20}$ de pouce, il se trouve chargé trop faiblement pour produire des contractions. Or, l'électricité des métaux frottés est souvent si peu sensible, qu'elle échappe à tous les condensateurs et duplicateurs.

L'électricité extérieure provenant des métaux, ne peut donc être la cause des phénomènes. J'ai souvent fait l'essai de frotter avec de la flanelle des tubes de verre que j'approchais aussitôt

* Cavallo, treatise on electricity, containing the discoveries made since the third edition, 1795, vol. 3; pag. 130.

après, de l'armature du nerf d'une grenouille très-vive ; mais je n'ai jamais vu naître ainsi le moindre mouvement, quoique l'électromètre de *Bennet* indiquât encore, 8 minutes après, un reste d'électricité dans les tubes.

La théorie d'*Alexandre Volta*, fondée sur la destruction de l'équilibre électrique, est la plus attrayante de toutes celles qu'on a imaginées pour expliquer le galvanisme ; c'est celle qui embrasse le plus de faits ; elle est digne d'un homme dont le génie inventif, l'esprit d'observation et la grande dextérité sont connus depuis longtemps. Il sera bien agréable pour moi d'exposer ici cette théorie dans toute sa simplicité, non-seulement parce qu'elle est mal présentée dans la plupart des ouvrages, mais parce que je l'ai regardée moi-même, assez long-temps, comme satisfaisante *. Mes nouvelles expériences me forçant à me déclarer l'adversaire de *Volta*, j'emploierai dans ma réfutation toute la circonspection qu'il mérite ; et j'ai une confiance si illimitée dans le caractère d'un homme à qui la vérité est chère, que je

* Pfaff, l. c. pag. 344-349-370 — Gehler's Wœrterbuch, 5 B. pag. 290-1044 — Gren's Journal, 7 B, pag. 315.

ne crains pas de perdre par là sa bienveillance.

Peu de temps après que *Galvani* eut publié son célèbre commentaire sur l'irritation métallique, *Volta* manifesta l'opinion qu'elle ne dépendait peut-être que d'une répartition inégale du fluide électrique. Les recherches qu'il fit sur les parties de la chaîne desquelles dépend le succès des expériences, le confirmèrent dans cette idée *. Mais il avoua **, après avoir examiné tous les faits avec la plus grande attention, qu'il en avait découvert plusieurs qui ne pouvaient être attribués à l'électricité extérieure, mais qui paraissaient annoncer un fluide particulier, inconnu, accumulé dans la fibre sensible: «Quelque limité, « dit-il, que soit le nombre des faits, je crois « qu'ils attestent une électricité animale.» En l'an 3, il crut pouvoir réduire son ingénieuse hypothèse à quelques principes simples. Les expériences très-délicates qu'il a décrites dans sa lettre à *Vassali*, et d'autres que j'ai recueillies en Italie et qui ont été publiées dans le Journal de physique de *Gren* ***, lui paraissaient confirmer encore son opinion.

* V. le chapitre IV.

** Philosophical Transactions, for the year 1793, P. L. n.° 1.

*** Journal der physik, 2 B. pag. 472.

La théorie de *Volta* a été présentée jusqu'ici de manière qu'elle semble supposer que l'électricité est tirée des organes humides par les métaux hétérogènes. Quelle idée ces expressions peuvent-elles donner ? Je vais exposer cette théorie comme *Volta* lui-même me l'a expliquée, et comme elle se trouve dans une lettre qu'il a écrite à *J. Banks*.

Toutes les substances solides ou liquides absorbent plus ou moins d'électricité, selon leur affinité pour ce fluide. Elles sont, par conséquent, toutes foiblement électrisées, mais inégalement. Lorsqu'elles se touchent, l'électricité tend à se mettre en équilibre entr'elles, mais avant le contact, elle s'y trouve inégalement accumulée. Les substances humides ou conductrices de la seconde classe, communiquent moins d'électricité que les métaux qui sont des conducteurs de la première classe ; on observe même des différences dans la propriété électrique de métaux hétérogènes; mais il y en a une bien plus grande entre celle des métaux et celle des corps de la seconde classe. La charge électrique des métaux homogènes est presque toujours la même, au moins on ne tient pas compte des différences qu'elle peut présenter. Lorsqu'il n'y a que deux substances en contact, l'une

de la première classe, l'autre de la seconde, aucune circulation du fluide électrique ne peut avoir lieu.

La substance animale humide *a*, fig. 69, étant placée contre le métal *b*, il émane de l'électricité, de ses deux extrémités, avec une force = 2, et il en émane des deux extrémités de *b* avec une force = 5; par conséquent, il n'y a pas de raison pour que le courant se porte plutôt dans ce sens —> que dans celui-ci <—, les forces se trouvant en équilibre en *r* et en *s*.

Lorsqu'il y a contact entre des substances de la première et de la seconde classe, le fluide électrique est forcé de se diriger d'un côté. Trois substances, le zinc *b*, fig. 70, l'argent *c* et le corps humide *a*, étant en contact et disposés en chaîne, si l'émanation qui se fait de l'argent a une force = 3, si celle du zinc = 5, et si celle de *a* = 2, le fluide électrique passera de *a* à *b*, en traversant *c*; car les forces des métaux sont à peu près en équilibre en *t* et leur différence = *o*; mais des puissances inégales sont opposées au corps humide; l'argent agit en *v* avec une force = 3, et le zinc agit en *x* avec une force = 5. Il faut donc que le fluide circule, et qu'il prenne son cours par *a*, *v*, *c*, *t*.

Si nous possédions des électromètres assez

sensibles pour indiquer les degrés d'électricité les plus faibles, nous pourrions nous convaincre qu'il se fait une émanation de cette espèce occasionnée par la destruction de l'équilibre, lorsqu'on arme une éponge humide avec des métaux hétérogènes que l'on met ensuite en contact ; mais tous nos instruments sont trop imparfaits pour indiquer de pareils changements dans la matière morte. La fibre animale est le seul électroscope assez délicat pour nous donner des éclaircissements sur cet objet. Si on place en *a* un organe sensible, par exemple, une cuisse de grenouille, le passage de l'électricité y excitera des contractions musculaires.

Volta explique, au moyen de ces principes simples, les effets des diverses situations respecctives des parties qui composent la chaîne galvanique.

Lorsqu'une grenouille, dont les extrémités antérieures ne tiennent aux postérieures que par les nerfs grands sympathiques, est suspendue de manière qu'elle plonge dans deux verres d'eau, si on place un conducteur d'argent entre diverses parties de cette grenouille, tout le corps reste en repos ; c'est le cas représenté fig. 69, où les forces se trouvent en équilibre en *r* et en *s*.

Si l'une des extrémités de l'arc *b*, fig. 71, est

recouverte par le savon *c*, on remarque aussitôt des mouvements, cette substance détruit l'équilibre, parce qu'elle a une charge électrique différente de celle du corps de la grenouille. A la force = 3 de l'électricité qui émane de *b*, s'oppose d'un côté une force = 2, de l'autre une force = 1 ; par conséquent, le courant électrique doit se diriger par *c* et *a* pour revenir jusqu'à *b*.

Mais si on recouvre les deux extrémités de *b*, avec le savon *c* et *d* fig. 72, la théorie indique alors le repos qui a véritablement lieu, il y a équilibre parfait : il se trouve aussi peu de raison dans ce cas que dans le cas fig. 69, pour que le courant électrique se dirige d'un côté ou d'un autre, de *b* à *d*, de *b* à *c*, de *c* à *a* ou de *a* à *d*.

On explique de même, d'après cette hypothèse, mon expérience avec l'haleine,

$$\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ .\ p\ \ \mathrm{H}\ \ \mathrm{P}.}$$

Dans le cas exprimé fig. 73, où *a* représente l'organe sensible, *b* du zinc, *b* et *c* de l'argent, les contractions n'ont lieu que lorsqu'une des faces du métal hétérogène *c* est recouverte de l'humidité *d* : sans *d* toutes les substances de cette chaîne s'opposeraient des résistances égales ; le zinc oppose au courant électrique une force = 5, l'argent une force = 3 ; il faut,

par conséquent, que, sortant de *b*, il s'ouvre une route à travers *c*, *d* et *b*, pour arriver jusqu'à *a*. Si l'on humecte les deux faces du métal hétérogène *c* fig. 74, l'équilibre est aussitôt retabli. Car alors il s'oppose un second courant à celui qui se porte de *d* à *a*. Avant même de connaître l'explication de *Volta*, l'expérience m'avait appris que la formule *Nerf* P H *p* H P était négative chez des individus peu vifs.

Quelqu'ingénieuse que soit cette théorie fondée sur la destruction de l'équilibre électrique, et quelqu'applicable qu'elle soit à un grand nombre de découvertes nouvelles, elle n'en est pas moins complètement renversée par plusieurs de mes expériences.

Je pourrais observer d'abord, que s'il circule un fluide dans la chaîne galvanique, il doit différer entièrement du fluide électrique, puisqu'il est isolé par des substances tout-à-fait différentes. On répondrait peut-être que l'identité de ces fluides n'est pas parfaite, qu'il y a seulement une très-grande analogie entr'eux. Mais je passe actuellement sous silence les faits qui ont rapport à la nature du fluide galvanique, me réservant de les exposer séparément à la fin de ce chapitre.

Les faits suivants sont en contradiction manifeste avec la théorie de *Volta*.

1.° La découverte que j'ai faite, et qui est exposée dans le chapitre IV, fig. 9, 10, 11, 12, 13 et 14, prouve que les phénomènes galvaniques peuvent avoir lieu, sans que les substances employées soient disposées en chaîne.

Lorsque le métal *m*, fig. 9, servant d'armature au nerf, ou un autre corps conducteur éloigné de lui, mais en communication avec lui, est mis en contact avec un autre métal *n*, le nerf éprouve une irritation.

Cette irritation se manifeste par des mouvements musculaires apparents dans des individus très-vifs : dans ceux qui sont moins excitables, les changements que les organes éprouvent, échappent à l'observation. Si, par exemple, les deux cuisses de grenouille *a* et *b*, fig. 13, possèdent des degrés différents d'incitabilité, la plus excitable se contracte seule, lorsque *n* vient à toucher *m*. Comment pourrait-on imaginer ici une circulation du fluide électrique telle que celle que la théorie de *Volta* suppose, surtout d'après l'expérience fig. 12, *a*?

2.° Selon la même théorie, on nie la possibilité des contractions lorsque deux substances seulement se trouvent en contact; or, qu'on se rappelle mes essais avec des métaux homogènes, qui ont été développés dans le chapitre III. Des

fibres irritables et sensibles sont mises en contact avec un métal liquide, fig. 16, et il en résulte la sécousse la plus forte.

L'expérience très-simple, fig. 3, explique cet effet. Qu'on coupe dans un individu très-vif la portion *x* du nerf crural, qu'on rapproche ensuite, à l'aide d'un tube de verre, cette portion de nerf, du nerf lui-même et du muscle auquel il se distribue, dès que le contact se fera, il y aura des contractions dans la cuisse. Or, il n'y a absolument ici que deux substances hétérogènes, le nerf et le muscle.

Il en est de même de l'expérience fig. 2, où *x*, *y* et *z* sont des morceaux de chair musculaire homogènes. J'ai même démontré que les phénomènes galvaniques ont lieu, sans qu'on fasse usage de morceaux détachés des organes, mais seulement en retournant une portion rouge et point tendineuse d'un muscle de la cuisse d'une grenouille, vers son nerf sciatique. Dans ce cas, la chaîne n'est formée que de parties unies organiquement.

3.° Il est encore des expériences plus faciles à répéter et qui renversent la théorie de *Volta*. La formule $\underbrace{\textit{Nerf}\ P\ H\ p}$ est positive dans la plupart des animaux qui ne sont pas très-affoiblis; au moins les contractions se font apercevoir si l'on augmente l'incitabilité de leurs nerfs avec

de l'acide muriatique oxygéné, ou si l'on substitue des organes plus excitables à des organes affaiblis. Or, ces formules devraient être négatives, selon la théorie de *Volta*.

Lorsque *a*, fig. 1, représente une portion du nerf crural, et que le conducteur d'argent est mis en contact avec le nerf crural lui-même, le courant est alors balancé de chaque côté entre des forces égales. Qu'on jette les yeux sur la fig. 75, où *c* est supposé représenter le nerf crural encore uni aux muscles, *a* une portion coupée du nerf, *b* et *d* des excitateurs, on conçoit que l'hypothèse de l'équilibre électrique indique dans ce cas un repos dans lequel les parties ne restent pas.

4.° L'expérience avec la vapeur de l'haleine, répandue sur les deux faces d'un métal hétérogène, est aussi en contradiction avec cette hypothèse. Lorsqu'on emploie des organes très-excitables, il y a des contractions, fig. 23 *, comme lorsque le métal n'est enduit de vapeur que d'un côté; or, ces résultats semblables, obtenus avec des arcs conducteurs si différents, seraient absolument impossibles, si la doctrine de l'opposition des courants était fondée

* V. chap. V.

Quelque brillantes que soient ces vues et ces explications, quelqu'apparence de fondement qu'elles présentent, nous sommes donc obligés de les abandonner, parce qu'elles ne se trouvent pas conformes à la masse des connaissances nouvellement acquises.

Le dernier but de la physique traitée scientifiquement, est d'appliquer les mathématiques à toutes les choses naturelles. *Newton* a atteint ce but dans l'Explication de l'arc-en-ciel et dans sa Doctrine de la gravitation des corps célestes; *Sage* et *Prevost*, dans la Doctrine du magnétisme; *Coulomb*, dans l'Explication de l'électricité. Mais il n'est qu'un très-petit nombre de phénomènes qui soient susceptibles d'une semblable explication: il faut se contenter d'en rapporter la plupart à quelques expériences générales; c'est ce qui a lieu relativement aux combinaisons dues aux affinités réciproques, à la formation des acides et à l'oxydation des métaux. D'ici à ce que l'on ait réduit à des idées précises les effets chimiques de la matière, et qu'on les ait expliqués par les lois de la dynamique, il faut nous borner à tirer quelques conclusions générales des observations que l'on a faites.

Malheureusement l'état de nos connaissances en physique et en histoire naturelle ne nous

permet pas de remonter jusqu'à des principes simples. Les causes de l'électricité de l'air, celles de l'élévation et de l'abaissement du baromètre, celles des tremblements de terre et des éruptions des volcans, nous sont encore bien moins connues que l'action réciproque des sels qui se décomposent mutuellement. Dans ces phénomènes compliqués, il faut nous contenter de rapprocher quelques observations nouvelles d'autres plus anciennes, d'entrevoir la liaison de quelques faits et nous déterminer à continuer les observations.

Si nous sommes obligés de renoncer à simplifier les idées, et à donner des explications satisfaisantes en météorologie, cette nécessité se fait encore plus sentir dans l'étude des forces organiques. Des substances très-tenues qui échappent à presque toutes les recherches, produisent ici, les plus grands effets; et nous manquons totalement d'observations exactes desquelles nous puissions rapprocher les nouvelles. Aussi des siècles s'écouleront-ils, sans doute, avant que la physique des corps organisés soit aussi avancée que l'est celle de la matière morte.

J'ai offert ces considérations, après la réfutation de la théorie de *Volta*, pour faire saisir le point de vue sous lequel je desire qu'on con-

sidère la suite de ce chapitre. Je suis au moment de hasarder moi-même une explication de l'irritation métallique et de ses différents effets sur les fibres musculaires. Je n'entreprendrai point de rapporter à un seul et même principe tous ces phénomènes * dont les degrés de complication sont si différents, ni de substituer une autre doctrine à celle de l'équilibre électrique : je me bornerai à comparer les faits, à fixer l'attention du lecteur sur les rapports qu'ils présentent, et à indiquer la voie par laquelle on peut espérer d'arriver à des connaissances plus étendues. Les naturalistes et les philosophes qui connaissent la grande différence qu'il y a entre les sciences mathématiques et celles qui sont systématiques, comme la chimie et la physiologie, ne blâmeront pas la timidité avec laquelle j'entreprends cet examen; ils savent qu'il est bien moins dangereux de présenter des vérités comme des conjectures, que de donner de simples conjectures comme des vérités incontestables.

Le résultat le plus important, et en même temps le plus frappant que paraissent offrir mes expériences du chapitre II, est que le

---

* Comparez l'expérience avec l'haleine et celle fig. 9.

stimulus qui se manifeste par les phénomènes galvaniques, existe dans les organes excitables eux-mêmes, et que les métaux ainsi que les autres substances qui peuvent faire partie de la chaîne, n'y jouent qu'un rôle secondaire. Dans l'état d'incitabilité exaltée, les contractions ont lieu lorsqu'un muscle et un nerf unis organiquement se touchent légèrement sans l'intervention d'un troisième corps (109). Les métaux ou les substances charbonneuses ne deviennent nécessaires, pour occasionner les phénomènes, que lorsque l'excitabilité des organes est diminuée. Il paraît, en conséquence, qu'ils augmentent le stimulus, mais qu'ils n'en sont pas la base.

Les différentes espèces de gaz mis en contact avec les parties animales, n'influent que sur leur incitabilité. Les expériences réussissent dans le gaz acide carbonique comme dans le gaz oxygène, et dans l'air raréfié comme dans l'air condensé *. Mais les contractions m'ont paru se prolonger plus longtemps dans l'huile que dans l'eau ou dans l'air.

J'observe que la seule immersion des organes dans ces fluides influe sur les phénomènes, et

* V. chap. VIII.

non pas celle des parties de la chaîne. La durée des contractions est la même, soit que les métaux se trouvent en partie hors de l'huile, soit qu'ils s'y trouvent entièrement plongés. Ne paraît-il pas s'ensuivre que s'il y a de l'électricité ou une substance quelconque mise en mouvement par le galvanisme, elle reste pendant le repos, accumulée dans les nerfs et dans les muscles, et qu'elle ne circule que lorsque l'irritation la détermine à se mouvoir? Si les métaux étaient habituellement pénétrés par cette substance, comme la théorie de *Volta* le suppose, leur isolement serait aussi nécessaire que celui des organes.

Il semble qu'une substance émanée du nerf l'irrite en y rentrant. Tel est le principe le plus général résultant des phénomènes galvaniques; il comprend également le cas très-simple dans lequel on retourne un muscle de la cuisse pour le mettre en contact avec le nerf sciatique, et le cas très-compliqué, exprimé par la fig. 33. Mais comment se fait cette circulation, et qu'est-ce qui la provoque? C'est, selon moi, une question dont on ne peut espérer la solution complète, quand on connaît toute la vanité des expériences galvaniques. Il est aisé de trouver des explications pour des phénomènes particuliers, en admettant un fluide dans un état

positif et négatif et une destruction d'équilibre. Par exemple, les expériences sans chaîne, fig. 9 et fig. 14, paraîtraient faciles à expliquer, si, comme un grand physiologiste l'a observé, on n'admettait pas, selon la théorie de *Volta*, une circulation de fluide, mais seulement un mouvement d'oscillation.

En supposant dans ce cas la force du nerf = 6 et celle du zinc = 16; au moment du contact les degrés d'énergie changeraient, le nerf recevrait quelque chose du zinc, et l'équilibre serait retabli dès que la force = 22 serait répartie également entre ces deux substances. Si le zinc est mis en contact avec du bois ou avec une autre substance isolante, celle-ci ne lui enlève rien; mais à peine un autre métal *n* fig. 9, est-il en contact avec *m*, qu'il lui communique ou qu'il en reçoit quelque chose. Par conséquent *n* détruit l'équilibre qui existait entre *m* et *p* : la somme de leur charge ne reste pas = 22, et ce qui émane du nerf ou ce qui y entre alors, agit sur lui comme stimulant.

Mais cette explication ne convient pas même pour le phénomène qui l'a fait imaginer ; on demande encore si c'est l'augmentation ou la diminution de la substance accumulée qui produit les contractions musculaires, pourquoi elles n'ont

pas lieu dès que le zinc *m* touche l'organe, et pourquoi le contact de *m* et de *n* est seul efficace? Quand *m* et *n* sont deux morceaux de zinc, l'équilibre doit être bien plus dérangé lors du contact de *m* et du nerf qui sont très-hétérogènes, que lors du contact de *m* et de *n*; et quand même on considérerait les deux morceaux de zinc (110) comme différents par leur forme, par leur mélange et par leur température, il serait bien difficile de les croire plus différents que le zinc *m* et le nerf. Peut-il y avoir dérangement d'équilibre dans le cas fig. 3, où le communicateur *x* est pris du nerf crural? Je touche *t* avec un métal, et la cuisse reste en repos; mais le repos cesse aussitôt que *x* est approché de *t* et de *s*; or, la communication établie avec un métal, devrait toujours être plus efficace que celle qui se fait avec une partie du corps animal même.

Les contractions partielles peuvent encore s'expliquer par un fluide, placé dans deux états opposés. Qu'on se figure un nerf séparé des fibres musculaires par une couche isolante très-mince; si ce nerf a une charge positive d'électricité, il occasionnera de l'électricité négative dans un muscle qui se trouvera dans sa sphère d'action, et la contraction des fibres n'aura lieu que lorsque

la volonté poussera, du cerveau dans le nerf, assez d'électricité positive, pour traverser la couche isolante; soit que l'explosion se fasse spontanément comme dans une bouteille de Leyde surchargée, ou par la combinaison de l'électricité positive du nerf avec l'électricité négative du muscle, au moyen d'une substance communicatrice, telle que *x* fig. 4. De cette manière l'électricité négative serait produite par l'électricité positive, et il ne faudrait admettre qu'une seule espèce d'électricité et non pas deux, comme dans la théorie des physiciens de Bologne. Mais les expériences fig. 9 et 14, ainsi que celles qui les précèdent, et dans lesquelles les nerfs seulement se trouvent armés en deux points, *a r t*, fig. 8, renversent cette doctrine.

En supposant qu'il n'y ait qu'électricité positive ou électricité négative dans les organes sensibles et irritables, et que l'électricité positive devienne négative en passant d'une partie animale dans un métal, ou de celui-ci dans un second métal hétérogène, l'expérience fig. 8 s'explique très-facilement.

Il sort du nerf, de l'électricité positive; elle devient négative dans le zinc, positive dans l'argent, et dans le muscle elle revient négative. Revenant négative dans les organes, elle produit

une commotion en se combinant avec l'électricité qui y est accumulée.

Si *r* est de zinc, ainsi que l'autre armature, le repos subsiste; car alors l'électricité négative qui émane de *r*, reste négative à son passage en *t*, et elle ne devient positive que dans le muscle; ainsi elle retourne à la cuisse, telle qu'elle en est sortie. J'ai cru pendant longtemps que cette explication offrait quelque chose de vrai, mais des expériences ultérieures m'ont fait connaître mon erreur. Je ne rappellerai ici que l'expérience fig. 1 qui est positive, soit que la tige d'argent touche immédiatement *la chair* musculaire *a*, soit qu'elle en soit séparée par une feuille d'étain, selon ces formules:

$$\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H}\ p}$$

et

$$\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P\ H\ P}\ p.}$$

Dans l'hypothèse indiquée, ces deux chaînes ne peuvent pas donner des résultats semblables, la première présentant cette série,

$$+ - + - + - +,$$

et la seconde celle-ci,

$$+ - + - + -.$$

Quelques-unes de mes expériences, par exem-

ple, celles fig. 51 et fig. 47, paraissent contredire tout-à-fait la circulation d'un fluide; mais ce n'est qu'en apparence, comme des observations récentes me l'ont démontré; *n*, fig. 51, est, à la vérité, hors de la chaîne *m p s*; il s'agit de savoir comment une substance qui circule dans cette chaîne, peut étendre ses effets jusqu'au nerf.

J'ai fait des essais comparatifs avec l'électricité, et quoique la circulation de ce fluide soit hors de doute, il y a eu des effets hors de la chaîne conductrice. A la vérité, la main n'éprouve pas de secousse lorsqu'on touche avec une tige métallique un point quelconque d'une tige de fer qui établit communication entre la surface extérieure d'une bouteille de Leyde et sa surface intérieure.

Mais si on emploie l'électroscope le plus sensible que l'on connoisse, c'est-à-dire, si on place un nerf de grenouille dans la chaîne, de manière que la portion *a b*, fig. 76, en fasse partie, et que *b c d* soit, ainsi que la cuisse, hors du courant électrique, si l'on divise le nerf crural en *c*, et si on place les deux bouts *c* et *d* à une ligne de distance, toutes les fois que l'électricité se mettra en équilibre par la décharge de la bouteille, il y aura des contractions musculaires.

Cette expérience fut répétée en plaçant la

portion du nerf *a b*, fig. 77, hors de la chaîne; et en établissant la communication au moyen d'un morceau de métal *p*; l'effet fut le même.

Si l'on examine, sans prévention, les expériences fig. 76 et fig. 77, on sera aisément convaincu qu'il n'y a point d'effet d'atmosphère active, et que la commotion électrique s'est propagée, fig. 77, par *p* en *a b c*, et fig. 76, par la portion du nerf *a b c* jusqu'en *d*.

L'analogie de ces deux expériences avec celle fig. 51, est claire et s'aperçoit aisément.

Si, dans les organes dont l'excitabilité est exaltée, le simple contact des muscles et des nerfs suffit pour produire les phénomènes galvaniques, pourquoi, dans l'état d'excitabilité moindre, les substances métalliques sont-elles nécessaires, et comment opèrent-elles une augmentation dans l'irritation?

Le galvanisme exige certaines conditions, selon les différens degrés d'excitabilité des organes; et il me paraît résulter des observations que j'ai faites sur plusieurs centaines d'animaux, que dans le premier degré, les contractions ont lieu sans chaîne, fig. 9 et 14; dans le second, lorsque la pince enveloppée de chair musculaire est approchée à une petite distance du nerf, fig. 65; dans le troisième, en mettant en contact des

parties unies organiquement; dans le quatrième, en employant, comme communicateurs, des parties animales, fig. 2 et 5; dans le cinquième, on produit les phénomènes avec des métaux ou des substances charbonneuses homogènes, fig. 16 et 17; dans le sixième, avec des métaux hétérogènes qui ne se touchent pas immédiatement, fig. 1; dans le septième, avec des métaux homogènes, entre lesquels il s'en trouve un hétérogène couvert, des deux côtés, d'un fluide évaporable; dans le huitième, au moyen d'une chaîne dont l'organe sensible ne fait pas immédiatement partie, fig. 51; dans le neuvième, avec des métaux hétérogènes qui se touchent, fig. 8; dans le dixième, avec des métaux homogènes, parmi lesquels il y en a un hétérogène couvert d'un côté, d'une substance évaporable; dans le onzième, en frappant des métaux hétérogènes l'un sur l'autre; dans le douzième, en faisant communiquer l'armature du nerf avec le muscle, et non pas avec le nerf; dans le treizième, en touchant, avec le communicateur, d'abord l'armature du muscle, puis celle du nerf; dans le quatorzième, en étendant le nerf sur son armature, et en l'alongeant un peu; dans le quinzième, lorsqu'après avoir ouvert la cuisse, on touche un nerf dénudé avec un conducteur d'argent.

Les personnes qui se sont beaucoup occupées du galvanisme, reconnaîtront l'exactitude de ce tableau. Peut-être ai-je commis quelqu'erreur dans les quatre premiers degrés; d'autres observateurs pourront mettre le second degré à la place du premier, et le premier à la place du troisième; mais la nature de ces essais n'a pas permis de leur donner jusqu'ici plus de précision. En faisant des expériences sur un animal, on verra que, ses forces décroissant, il parcourt, en quelques heures, toute l'échelle qui vient d'être tracée.

Je n'ai point pris ici la nature des excitateurs en considération, parce que cet objet a été suffisamment développé par d'autres chimistes, tandis que les rapports que je viens d'indiquer ont été beaucoup moins observés; ils m'ont d'ailleurs paru plus intéressants. Si jamais le problême du galvanisme est complètement résolu, on parviendra à savoir pourquoi les conditions nécessaires dans les derniers degrés d'excitabilité, produisent une irritation plus forte que celles que les premiers exigent.

Si, comme je crois l'avoir prouvé, le stimulus actif existe dans les organes excitables, si le contact immédiat des nerfs et des muscles suffit pour provoquer les phénomènes galvaniques,

les substances étrangères, employées dans le conducteur, n'opposent-elles pas des obstacles au fluide qui émane des organes, et ne serait-il pas possible que tous les phénomènes de l'irritation dépendissent de la force de ces obstacles?

Nous observons quelque chose d'analogue dans l'électricité; elle est plus efficace quand la chaîne comprend des corps demi-conducteurs, que lorsqu'elle n'est composée que de conducteurs parfaits. Je n'ai pu allumer de la poudre à canon très-sèche au moyen d'une bouteille de Leyde, qu'en faisant passer l'électricité à travers un fil de fer et du bois, du liége et des os qui sont des conducteurs imparfaits : une corde mouillée * produit, dit-on, le même effet. Le docteur *Eimbke*, médecin auquel on doit d'excellentes observations sur le phosphore, m'a assuré qu'une simple bouteille de Leyde agit dans l'oxydation de l'or comme une petite batterie, quand la chaîne de communication comprend des demi-conducteurs. Les effets de la foudre sur le corps humain paraissent dépendre de la même circonstance, c'est-à-dire, du passage de l'électricité des os, qui sont des conducteurs parfaits, dans

* Gmelin's naturlehre, 1 B. pag. 389. — Voigt, l. c. pag. 314. — Pfaff, l. c. pag. 355.

les muscles, qui sont des demi-conducteurs.

Ne pourrait-on pas admettre que la force du fluide galvanique, dont l'analogie avec le fluide électrique sera bientôt examinée plus en détail, est modifiée de la même manière, en traversant les substances conductrices; qu'en passant d'un conducteur parfait dans un imparfait, ce fluide s'accumule dans ce dernier, jusqu'à ce qu'il ait vaincu l'obstacle qu'il rencontre *? Cette supposition ne paraîtrait pas dénuée de fondement, quand même les phénomènes électriques ne viendraient point à son appui.

Je suppose que le fluide galvanique amassé dans les organes, passe plus facilement à travers des parties animales qu'à travers des métaux, et plus facilement à travers des métaux homogènes qu'à travers des métaux héterogènes; plus l'hétérogénéité des métaux sera grande, plus les effets seront considérables, parce qu'ils sont en raison des obstacles. On peut expliquer ainsi jusqu'à un certain point, pourquoi le contact immédiat du muscle et du nerf fig. 6, ou celui du nerf avec lui-même, fig. 78, n'excite pas de contractions, et pourquoi les contractions ont lieu, quand des substances animales forment une

* Aldini, l. c. 1794, pag. 40.

chaîne entre l'organe irritable et l'organe sensible, fig. 2 et 5.

Ce qui émane du nerf en *r*, fig. 5, rencontre un obstacle en avançant vers *s*, par *x*, *y* et *z*; et cette substance s'accumule dans la chaîne, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une force suffisante pour se porter en *s*. Mais si *x*, *y* et *z*, fig. 2, étaient des conducteurs parfaits, et si le fluide galvanique y passait sans être aucunement arrêté, il n'y aurait pas d'irritation.

A mesure que l'excitabilité de l'organe décroît, il devient nécessaire de substituer un arc métallique au conducteur animal *x*, fig. 3.

La force du fluide galvanique que j'exprime par G est d'autant plus grande à son arrivée en *s*, qu'il éprouve plus de résistance dans le conducteur, qu'il la surmonte plus lentement, et que la quantité de G qui arrive au nerf est plus grande. Il s'accumule moins de ce fluide dans le temps T que dans le temps *n* T, et la charge des organes au moment du passage du fluide est dans le premier cas, *n* fois plus petite que dans le dernier. Une portion du fluide galvanique émanant des organes dans l'un des cas, et y restant accumulée dans l'autre, la différence dans l'intensité des effets est de *n*.

Selon cette expression, la valeur de *n* dépend

toujours de la chaîne conductrice et; l'on comprend comment des métaux hétérogènes tels que de l'or et de l'argent, du zinc et du nickel, sont plus efficaces que des métaux homogènes. La prétendue propriété excitante de ces substances, dépend donc, selon moi, de leur disposition respective dans la chaîne, et de la difficulté que le fluide galvanique trouve à passer de l'une à l'autre.

Il est à remarquer que dans un degré inférieur d'incitabilité, le cas fig. 1 est négatif, et qu'il devient positif si l'on place un second métal *c*, fig. 28, sous la chair musculaire, ou si deux métaux *m* et *l*, fig. 79, se touchent immédiatement dans une partie quelconque de l'étendue de la chaîne.

La facilité avec laquelle le fluide galvanique passe du nerf dans le muscle, à travers un arc métallique, (111) fig. 16, me fait supposer qu'il trouve moins de difficulté à passer d'un métal dans une substance animale que d'un métal dans un autre; et il n'est pas étonnant que le fluide n'acquière la force nécessaire pour stimuler l'organe, que par son accumulation en *a c*, fig. 28, et en *l m*, fig. 79.

Je suis très-éloigné de regarder cette théorie comme offrant une explication parfaite, mais

je ne saurais renoncer à l'idée d'avoir fait quelques pas de plus que ceux qui m'ont précédé, vers la connaissance du galvanisme. Mon explication des phénomènes, fondée sur l'accumulation du fluide dans les organes et sur la force qu'il acquiert par les obstacles qu'il rencontre, est si différente de celles que d'autres physiciens en ont donnée, que les objections qu'on leur a faites ne peuvent nullement m'être opposées; les idées que je présente ont pour unique base, la simple et évidente analogie des faits. Je ne me flatte cependant pas d'avoir résolu le problême en entier. Des phénomènes aussi compliqués peuvent avoir plus d'une cause, mais c'est avoir gagné quelque chose que d'en avoir deviné une.

Je regarde comme prouvé, que les organes contiennent un fluide particulier tant qu'ils sont excitables; que dans l'état naturel des muscles et des nerfs, il s'y trouve constamment accumulé, et qu'on peut considérer ces organes comme inégalement chargés de ce fluide. Cette inégalité de charge est très-compatible avec la connexion organique qui existe entre les fibres sensibles et irritables pendant la vie. Il se fait continuellement, dans les nerfs et dans les muscles, des décompositions et des combinaisons

nouvelles; et comme le procédé chimique de vitalité est modifié dans chacun de ces organes d'une manière différente, on conçoit qu'il doit se faire à chaque instant, une répartition plus ou moins inégale du fluide galvanique dans les nerfs et dans les muscles; de même que deux liquides qui se trouveraient en contact, indiqueraient sans cesse au thermomètre des quantités différentes de calorique libre, si, se décomposant continuellement, des parties fluides passaient à l'état solide. Dans ce cas, l'équilibre ne pourrait jamais avoir lieu, les deux substances renfermant des sources particulières de calorique.

Si l'extrémité *a* fig. 78, d'un nerf est recourbée vers un autre point de lui-même, à l'aide d'un corps isolant, il n'en résulte aucune irritation, parce que le fluide galvanique est également accumulé dans la partie *a b* et dans la partie *c d*.

Le repos a également lieu lorsqu'ayant vidé le ventre à une grenouille, on retourne sa cuisse vers les nerfs sciatiques dénudés, mais restés dans leur position naturelle, et entourés de parties animales conductrices. On n'excite ainsi aucun mouvement, parce que le muscle est mis simplement en contact avec un nerf auquel il est déja uni organiquement. Si la charge gal-

vanique des deux organes était assez différente pour qu'il pût s'ensuivre une décharge violente, il y aurait des contractions lorsque la machine serait abandonnée à elle-même, la distribution des nerfs offrant des communications avec les muscles ; le repos qui a lieu atteste donc qu'en retournant la cuisse, l'équilibre ne doit pas être interrompu.

Le résultat est tout différent lorsqu'on prépare les nerfs sciatiques de manière qu'ils soient entourés d'air ; dans ce cas, l'expérience précédemment décrite produit aussitôt des contractions, parce que, comme il se fait, dans la partie disséquée et dégagée *a b* fig. 80, du nerf vivant *c a b*, une sécrétion de fluide galvanique, égale à celle qui a lieu dans la portion *a c* enveloppée par le muscle, *a b* se trouve chargé plus fortement que *c a*. La première partie étant isolée par l'air, et la seconde étant entourée d'une substance conductrice, le fluide galvanique reste accumulé dans l'une, tandis que l'autre en est continuellement privée. Dans les premières minutes après la dénudation d'un nerf frais, la différence entre la charge du nerf en *b* et celle du muscle, est donc bien sensible. Si on retourne alors la cuisse vers le nerf, il s'ensuit une décharge : mais si le nerf reste

longtemps dénudé, la grande différence entre la charge du muscle et celle du nerf cesse. La partie isolée et surchargée *a b* cède peu à peu une portion de son galvanisme à *ac* et au muscle, et si l'essai se fait plus tard, il n'y aura plus d'irritation. L'expérience est, ici, parfaitement d'accord avec la théorie.

Plus la portion *a b* du nerf dénudé et isolé se prolonge loin du muscle que l'on retourne vers elle, plus l'équilibre est rétabli tard par l'union organique, et plus la différence de charge entre le muscle et le nerf se conserve. Je crois devoir attribuer à cette circonstance la non réussite de l'expérience fig. 6, où le muscle est mis en contact avec la partie la plus voisine du nerf; elle ne m'a jamais réussi comme celle où l'on établit contact entre le muscle et le nerf sciatique. Si le nerf est posé sur une plaque de zinc, le contact établi entre lui et le muscle ne produit pas de contractions, parce que le zinc agit alors comme conducteur du fluide, et que la différence de charge des organes ne se conserve pas.

Cette manière de concevoir le galvanisme ouvre un nouveau champ aux réflexions sur la physiologie et la pathologie des nerfs. La théorie de *Volta* ne considère les organes ani-

maux que comme des masses inanimées, comme des morceaux d'épouge ou de corde mouillée; tandis que celle que je propose, présente les phénomènes du galvanisme comme des effets propres à la vitalité; elle fait voir comment la volonté peut produire des mouvements musculaires par le moyen qui agit dans le galvanisme: car si l'action de la volonté peut occasionner dans la machine animale, un procédé par lequel il se fait une plus grande sécrétion du fluide galvanique, soit dans les nerfs, soit dans le cerveau d'où il passe dans les nerfs, les muscles auxquels les nerfs se distribuent en recevront par communication, et leurs contractions seront plus ou moins fortes, selon que les nerfs seront plus ou moins chargés. Si la sécrétion se continue dans les nerfs ou dans le cerveau, comme cela peut arriver par le rapprochement et la combinaison des élémens, le raccourcissement des fibres et leur turgescence seront prolongés; mais si l'émanation du fluide galvanique ne se continue pas du nerf au muscle, le fluide s'y combinera ou se volatilisera, et la fibre se relâchera.

Le phénomène de la contraction des muscles ou du raccourcissement de leurs fibres, peut être considéré comme la suite d'un changement chimique opéré par une force d'attraction qui

n'éprouve pas d'obstacle. J'exposerai à la fin de cet ouvrage beaucoup d'expériences chimiques qui paraissent confirmer cette idée.

Il suffit de l'avoir indiqué ici. Les différents éléments des fibres musculaires, le phosphore, la terre calcaire, la magnésie, le carbone, l'azote, l'hydrogène et l'oxygène ont, comme toutes *les* substances, une certaine tendance à se rapprocher et à se réunir. Cette tendance au rapprochement entre des éléments homogènes et hétérogènes, étant modifiée par la distance qui les sépare, par la coopération du calorique, de l'électricité et peut-être de la lumière, il en *résulte* des forces composées qui s'entravent mutuellement; et de cette opposition de forces naissent le relâchement et le raccourcissement des fibres musculaires. Toutes les fois donc qu'il se fait un changement de mélange, ou par la perte de quelques substances qui s'opposaient à l'attraction des autres, ou par l'addition d'autres substances analogues, les éléments se rapprochent et les fibres se raccourcissent.

Connaissant les changements de combinaison qui s'opèrent dans la matière inorganique, on trouvera que mon explication s'adapte à un grand nombre de faits. Il y a des attractions chimiques que nous n'observons que lorsqu'il y a

mélange d'une quantité déterminée d'acide carbonique, à une certaine température; les conditions qui influent sur les affinités de la matière animale qui est si compliquée, ne sont-elles pas bien plus variées.

On sait, d'après beaucoup d'observations, que l'oxygène se combine et que le sang s'oxyde par l'action musculaire ; on sait aussi que le fluide galvanique est un agent des mouvements musculaires ; d'après cela, je suppose qu'il y a un rapport entre ce fluide et l'oxygène, comme il en existe un entre celui-ci et l'électricité, que le mélange du fluide galvanique favorise l'union de l'hydrogène et de l'azote (172) avec l'oxygène, et que ces éléments des fibres se rapprochent par ce moyen, à peu près comme des substances gazeuses se condensent par l'étincelle électrique, ce qu'on observe avec les gaz oxygène et azote qui forment de l'acide nitreux, et avec les gaz oxygène et hydrogène qui forment de l'eau. Mais le raccourcissement des fibres ne peut être que momentané ; les éléments qui ont été rapprochés et oxygénés par le fluide galvanique étant sécernés organiquement, et leur place étant ensuite occupée par du nouvel oxygène, du nouvel azote et du nouvel hydrogène, le relâchement du muscle doit succéder néces-

sairement à sa contraction. On conçoit d'après cette explication, comment la force de contraction des fibres est diversement modifiée. Plus la quantité des substances x et z dont l'état de liaison change par l'addition du fluide galvanique, est grande, plus les contractions sont violentes. Comme il se fait dans la fibre musculaire, ainsi que dans la fibre nerveuse, sécrétion de fluide galvanique, à la vérité en plus petite quantité, il s'opère dans le muscle des changemens de combinaison entre x et z, sans que le nerf y contribue ; mais ils n'ont lieu que successivement, et ils sont trop peu considérables pour produire des contractions ; ils déterminent simplement un état habituel de fermeté et de consistance qui constitue le ton des fibres, et qui est extrêmement varié dans les différents individus. Si on exprime par r la quantité de fluide galvanique qui émane tout-à-coup du nerf pour passer dans le muscle, r produira un mouvement musculaire d'autant plus fort, qu'il rencontrera dans le muscle, plus de x et de z non combiné. On comprend ainsi que la diminution du fluide galvanique dans les muscles, peut avoir des effets aussi marqués sur les contractions, que l'augmentation de ce fluide dans les nerfs ou dans le cerveau.

Les causes du désordre du mouvement musculaire dans les maladies sont, par conséquent, extrêmement compliquées ; celles des contractions involontaires et spasmodiques peuvent se trouver dans le muscle ou dans le nerf, ou bien dans l'un et l'autre.

Si le nerf malade absorbe tout d'un coup une trop grande quantité de fluide galvanique, il en émane spontanément dans la fibre musculaire, ce qui y excite nécessairement contraction. S'est-il opéré dans le mélange du muscle, un changement tel qu'il s'y sécerne, de temps en temps, moins de fluide galvanique qu'à l'ordinaire, il faut qu'il se fasse une décharge du nerf, si la différence de la quantité de ce fluide dans les deux organes est assez considérable.

Enfin, dans certains cas pathologiques, les éléments des fibres musculaires peuvent encore éprouver, par l'addition d'une substance qui s'y assimile, un changement dans leurs affinités tel que les contractions y soient déterminées par une fort petite quantité de fluide galvanique.

Plusieurs de ces causes agissent probablement ensemble dans cette terrible maladie des enfants*

---

* Hufeland, von Kinderkrankhaiten, pag. 62. — Schœffer, dans la Gazette medico-chirurgiale, supplé-

appelée *Danse de St. Guy*, où ils ne peuvent tenir en repos aucune partie de leur corps; on y aperçoit assez clairement les effets de ce fluide, dont l'accumulation est toujours redoutable. Si on fixe ensemble les deux jambes d'un enfant attaqué de cette maladie, les mouvements des bras et les contractions des muscles du visage augmentent aussitôt; comme les contractions sont alors gênées, le fluide galvanique n'est pas consommé, il se répand dans d'autres parties, et il y excite souvent des irritations très-douloureuses. Je ne parle point ici de l'affaiblissement des organes du tact occasionné par les mouvements volontaires, je reviendrai sur cette matière.

La débilité des muscles, ainsi que la gêne de leurs mouvemens, peut encore avoir pour cause l'état spasmodique des organes irritables et sensibles. Le nerf ou le cerveau peut ne pas sécerner la quantité nécessaire de fluide galvanique, ou les éléments de la fibre musculaire peuvent être tellement modifiés, qu'ils en exigent une plus grande quantité pour obéir à leurs attractions respectives, ou bien le muscle

ment 1793. — Pfündel, Journal der praktischen heilkunde, 2 B. 2 H.

lui-même peut sécerner tant de fluide galvanique, que le nerf n'atteint plus à la différence convenable. Ce dernier cas existe peut-être lorsqu'il y a paralysie, et en même temps inflammation et tension; ce serait, sans doute, juger très-imparfaitement des forces animales, que d'attribuer de telles affections à une sthenie, ou à une asthenie simple des nerfs. Mais je reviens à l'explication du galvanisme.

Si un arc métallique *v*, fig. 7, est approché de deux points *t* et *s* d'un nerf mis à nu, les extrémités de cet arc exerceront une attraction sur le fluide galvanique accumulé dans le nerf; le fluide, en obéissant à cette attraction, s'échappera par *r* et par *s*, pour se porter vers *v*. Mais des obstacles s'opposant au fluide, ils l'empêchent d'avancer, et les parties de l'arc qui avoisinent *v* qu'il n'a pas encore pénétrées, continuent d'agir sur lui dans l'éloignement; il s'accumule alors en *m* et en *n* comme devant une digue. Cette accumulation réduirait la portion du nerf *r t s* et le muscle *l*, à un état de galvanisme négatif, si l'action vitale ne suppléait incessamment à leur perte. Le courant s'établissant par le point *m* ou *n*, selon que l'obstacle est plus facile à vaincre, le galvanisme positif accumulé dans l'arc, retourne dans le nerf et dans

le muscle. Par ce moyen, les deux organes recouvrent ce qu'ils avaient perdu. Mais la quantité absolue de fluide nécessaire pour changer sensiblement l'état de liaison des éléments x et z dans le muscle, est-elle outre-passée? Elle l'est sans doute, car tandis que le fluide galvanique s'accumule dans l'arc, la sécrétion vitale de ce même fluide se continue dans les organes, et après la rupture de l'équilibre, en supposant que la quantité qui la cause $= r$, le degré de charge des organes ne sera plus $= q$, mais $= q + r$.

On peut concevoir de même l'expérience fig. 9, où il y a irritation sans chaîne. Le fluide galvanique passe avec facilité du nerf dans le métal m, mais il passe avec quelque difficulté de ce métal dans un autre qui n'est pas entièrement homogène; après le contact de m et de n, n attirant du nouveau fluide dans m, il en est restitué au nerf par le muscle, et à ce dernier par la sécrétion qui s'y fait. Il se forme en t une accumulation de G, parce que ce fluide rencontre de l'obstacle à prendre son cours d'un métal dans un autre. Comme la masse de n continue à agir selon les lois de l'attraction, sur le fluide galvanique qui se trouve dans m, celui-ci augmente bien plus en t qu'en m. Si l'équilibre vient à se rompre, le fluide accumulé en t sature n;

celui qui est accumulé en *m* n'étant plus alors attiré par aucune force, retourne librement dans le nerf, et de celui-ci il passe dans le muscle dont il augmente le degré de galvanisme.

Quand le fluide galvanique s'est ouvert un chemin dans l'arc *m v n* fig. 7, il suit son cours librement à travers cet arc, tant que les parties du fluide se suivent; par conséquent, tant que la chaîne reste fermée, il n'y a plus d'irritation. Mais si une des extrémités de l'arc *n* est écartée du nerf et ensuite rapprochée en *s*, il se forme un nouvel obstacle qui empêche le passage de G, du nerf dans le métal près de *s*, et une nouvelle contraction est occasionnée dans le muscle. De même, la cuisse fig. 9, restera en repos jusqu'à ce qu'on ait ajouté un nouveau métal à *n*; car *m* et *n* étant une fois pénétrés par G, il n'y a qu'un nouveau métal qui puisse occasionner, en tendant à se saturer, une rupture subite d'équilibre et un mouvement rétrograde de G vers *p*. Mais si un autre métal homogène à l'armature du nerf, est placé entre *n* et le muscle, la chaîne étant ainsi formée, le repos ne sera point interrompu, parce que G ne rencontre point d'obstacle pour passer du nouveau conducteur dans l'armature du nerf déja saturée.

Si l'on ouvre la chaîne, en écartant du nerf

l'extrémité *n* du conducteur fig. 7, cet écartement occasionne quelquefois des contractions : parce qu'aussitôt qu'une couche d'air pénètre entre *n* et *s*, il sort de *n* un peu de G, et ce G est absorbé par le nerf. Il sera utile de comparer l'expérience fig. 65 à celle-ci.

J'ai déja expliqué plus haut, d'après l'idée de l'augmentation de l'action galvanique par l'effet des obstacles, pourquoi la force vitale décroissant, il fallait employer des métaux au lieu de parties animales, ou des métaux hétérogènes au lieu de métaux homogènes. C'est l'expérience avec l'haleine et celles qui ont quelque rapport avec elle, qui doivent fixer ici particulièrement notre attention. Les chaînes

1. $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}}$ ou $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}}$.

2. $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}\ p\ \mathrm{H}\ \mathrm{P}}$

3. $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}\ \mathrm{P}}$.

sont négatives dans le cas de faible incitabilité; au contraire, il y a des contractions musculaires avec les chaînes

4. $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ \mathrm{H}\ p\ \mathrm{P}}$ et

5. $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}\ p}$.

Il me semble que voici les causes de ces phénomènes.

N.° 2 et 3, l'obstacle que la chaîne oppose au fluide galvanique est peu considérable, parce que ce fluide ne passe pas immédiatement d'un métal dans un autre métal hétérogène, mais qu'il est transmis, d'un métal dans une substance animale. N.° 4, le passage du fluide est suffisamment empêché, et l'accumulation qui s'en fait avant la rupture de l'équilibre est assez grande pour exciter des contractions musculaires, même lorsque l'individu se trouve dans un état d'incitabilité extrêmement faible. Il y a dans la chaîne n.° 1, comme dans celle n.° 5, des métaux hétérogènes qui se touchent; mais je crois voir pourquoi, dans la chaîne n.° 1 où les métaux homogènes P P sont en contact avec les organes mêmes, le temps de l'accumulation est plus court, et l'obstacle moins considérable que n.° 5; dans ce dernier cas, le fluide ne passe pas avec la même facilité de *p* en P, que dans le premier de P en *p*. Plus le courant venant de *p* est retardé en rencontrant celui qui vient de P, plus la quantité de G contenue dans les deux corps est augmentée, plus elle exerce au loin son attraction; mais n.° 1, le courant se portant avec une force presque égale des deux extrémités de la chaîne vers le milieu, et toutes les parties de l'arc conducteur étant pénétrées promptement par le galvanisme,

l'accumulation du fluide est moindre, et elle est incapable de produire des contractions musculaires, lorsque l'incitabilité des organes est faible. En supposant que le fluide peut passer plus facilement de *p* en P, que de P en *p*, on n'admet pas une simple hypothèse, mais une idée fondée sur de grandes probabilités et sur des analogies.

Tandis que je m'occupais d'expériences relatives aux modifications que l'électricité éprouve par différents conducteurs, le hasard me fournit l'observation suivante. Les petites lames de l'électromètre de *Bennet* s'éloignent *également* les unes des autres, soit que l'on fasse passer l'électricité à travers de l'argent, soit qu'on dirige son cours dans un autre métal ; mais n'aurait-on pas grand tort d'en conclure que l'effet électrique est le même dans les deux cas? Si on emploie un électroscope bien plus délicat, les papilles de la langue, et si l'on fait passer l'électricité à travers deux métaux, de manière que la langue soit en contact une fois avec du zinc, et une autre fois avec de l'argent; la première irritation sera plus forte que la seconde.

Il me reste à expliquer pourquoi les chaînes $\underbrace{\textit{Nerf}\ P}\ \underbrace{p\ P}$ et $\underbrace{\textit{Nerf}\ P\ H\ p\ P}$, qui se ressemblent beaucoup, produisent cependant des effets très-différents. Dans la première chaîne, la partie

moyenne de l'arc p exerce des deux côtés une attraction égale, parce que p touche deux métaux. Dans la seconde chaîne, la force d'attraction est diminuée sur une des faces de P par H; un des courants avance donc bien plus lentement que l'autre, et il résiste moins.

Il suit de ces considérations sur l'effet des substances hétérogènes conductrices et non-conductrices, que les contractions ont lieu quand même le courant venant de s, fig. 7, et celui venant de r s'ouvrent une route en même temps, et qu'il n'est point nécessaire que le fluide prenne son cours dans cette direction <— ou dans celle-ci seulement —>. Quand même, la rupture se faisant des deux côtés à-la-fois, les deux courants conserveraient l'équilibre jusqu'en v, il faudrait encore qu'il s'ensuivît des mouvements; car, comme le métal une fois pénétré par G, cesse de l'attirer de loin vers v, ce fluide reflue, en grande partie, dans le nerf même, et augmente la quantité y qu'il en contient. Il est au reste très-indifférent de quel côté le mouvement rétrograde du fluide ait lieu, il suffit que la quantité y soit augmentée.

Enfin, pour répondre à l'objection, que tout le fluide galvanique accumulé dans le conducteur doit y rester pour sa saturation, il suffit

de jeter un coup-d'œil sur la fig. 81. Lorsque le fluide est avancé en *m o* et en *n p*, il se trouve accumulé en *o* et en *p*; la partie moyenne non-pénétrée *o v p* continue d'exercer son attraction, non-seulement sur *o* et sur *p*, mais encore sur *m* et sur *n*, de même qu'un aimant placé en *v*, agirait sur du fer en *q*, quoiqu'il y eût un grand nombre d'aiguilles aimantées à sa proximité en *o*; de même aussi qu'un conducteur chargé d'électricité placé au même endroit, attirerait des corps électrisés négativement situés en *q* et en *m*, quand même d'autres corps semblables se trouveraient plus près de lui en *o*. Enfin, si le fluide parvient à produire la rupture d'équilibre, la partie *o v p* en sera pénétrée, et cette rupture peut être effectuée par une très-petite partie de celui qui est accumulé en *o* et en *p*. L'attraction que *o v p* exerçait précédemment n'aura plus lieu alors, et tout le fluide galvanique excédant, contenu en *o q m* et en *p r n*, retournera dans le nerf (113).

Dans cette explication de la différence des effets des chaînes $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}}$ et $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}\ p}$, fondée sur ce que, dans la première, un des courants va plus vîte à la rencontre de l'autre que dans la seconde, j'ai en ma faveur non-seulement des vraisemblances tirées de la nature de la chose même, mais encore une expérience que j'ai faite. Si,

dans la seconde chaîne, P et *p* étant des conducteurs inégaux, *p* est meilleur conducteur que P, les contractions n'auront pas plus lieu qu'avec la première. Si P et *p* sont de l'or et de l'argent, il y aura repos absolu, la propriété conductrice de ces deux métaux étant presque la même, comme d'autres expériences le prouvent; cependant un conducteur d'or, homogène, perdant son activité plus tôt qu'un conducteur d'argent, il est vraisemblable que l'or est un conducteur un peu meilleur que l'argent. Dans le premier cas, les chaînes $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}}$ et $\underbrace{\textit{Nerf}\ \mathrm{P}\ p\ \mathrm{P}\ p}$ sont identiques; dans le second, le courant, venant de l'or, va plus vîte et plus loin au-devant de l'autre. La rupture se fait donc encore plus vîte dans le premier cas, et l'irritation est moindre que dans le second. Il est inutile de remarquer ici que la longueur du conducteur est une circonstance qui n'influe pas sur les effets de la rencontre des courants. Un plus grand conducteur présente un trajet plus long, mais il exerce une attraction plus forte.

J'ai fait observer plus haut que les courants s'ouvrant un chemin des deux côtés *n* et *m*, fig. 7, de manière à arriver en même temps en *v*, tout le fluide galvanique superflu refluera de chaque côté dans le nerf; mais que si une des extrémités

de l'arc *n* est plus conductrice que l'autre, le courant avancera davantage de ce côté que de l'autre; il est très-probable que le dernier est vaincu par le premier, et que le G superflu ne retourne que d'un côté.

Dans le premier cas, tout le galvanisme superflu se concentre sur un seul point des organes excitables; dans le second, il se distribue sur deux points différents. Ces deux points sont-ils peu éloignés l'un de l'autre, l'effet est le même que s'il n'y en avait qu'un seul, parce que le galvanisme se concentre rapidement; mais plus ces points seront éloignés, moins *l'irritation* sera considérable.

On peut expliquer jusqu'à un certain point, d'après ces considérations, les belles expériences de *Volta*, dans lesquelles deux extrémités d'une grenouille étant plongées dans deux verres, il a employé un conducteur d'argent humecté à ses deux bouts par des acides différents contenus dans ces verres. Si les acides *m* et *n*, fig. 82, sont les mêmes, la rupture se fera en même-temps, et le fluide galvanique qui se rencontrera en *v*, et qui s'y trouvera arrêté, rétrogradera dans les organes, si la quantité de G venant de $m = x$, et si celle venant de $n = z$, le galvanisme de l'extrémité inférieure ne sera augmenté que

de z; mais si l'arc v étant plongé dans deux acides différents, le courant d'un côté parvient à vaincre d'abord l'obstacle, si celui qui vient de *m* avance plus vîte, il entraînera l'autre venant de *n*, et alors l'extrémité inférieure ne recevra plus z, mais $z + x$. La pénétration subite d'une plus grande quantité de fluide galvanique explique très-bien l'augmentation de l'irritation. Celle-ci serait toujours également forte, si, dans l'appareil décrit, les deux points d'où viennent les courants étaient plus rapprochés; mais les extrémités étant plongées dans les substances différentes *m* et *n*, il est probable qu'il ne parviendra pas une grande quantité de z aux parties unies organiquement et plongées dans l'autre verre, à cause de la diversité des conducteurs.

Nous manquons de données suffisantes pour décider lequel, du muscle ou du nerf, renferme, dans l'état habituel, la plus grande quantité de fluide galvanique. Il me semble que la charge du nerf doit être la plus forte au moment où la volonté produit des mouvements musculaires, parce qu'alors il se prépare plus de fluide dans le nerf, ou le cerveau lui en transmet davantage; mais dès que la décharge se fait, soit volontairement, soit par l'effet du spasme, cette accumu-

lation cesse. Si l'on met un nerf à découvert, de manière qu'il soit environné d'un milieu isolant, tel que l'air, la charge galvanique y est aussi augmentée, parce que, quoique le procédé de la vitalité sécerne une égale quantité de fluide galvanique en *a b* et en *a c*, fig. 80, *a b* en conserve plus que *a c* qui est environné d'une substance conductrice. Cette charge plus considérable du nerf se maintient pendant quelque temps, mais elle est bien plus forte dans les premières minutes après sa dénudation qu'elle ne l'est ensuite, parce qu'elle cède successivement du fluide au muscle, auquel elle est unie organiquement. L'équilibre n'est jamais parfait, à raison de la sécrétion qui se continue dans le nerf isolé, et de l'évaporation qui se fait à la surface du muscle.

La différence de la charge du muscle et de celle du nerf se manifeste surtout très-évidemment, si on ferme la chaîne de diverses manières. La commence-t-on par le muscle, fig. 83 et 84, les contractions sont plus violentes que si l'argent *n*, fig. 85, touche premièrement l'armature du nerf, et ensuite la cuisse. Dans les deux premiers cas, la rupture de l'équilibre se fait du côté du muscle qui est faiblement chargé; l'accumulation dure par conséquent plus long-

temps, et l'effet est plus marqué que dans le dernier, où le courant plus fort pénètre plus promptement. On peut considérer, dans ces deux cas, la force comme étant la même, mais l'obstacle comme étant différent.

L'inégalité de la charge du muscle et de celle du nerf explique encore pourquoi la disposition différente de P et de *p*, dans la chaîne établie entre les organes, produit des effets divers, par exemple, pourquoi l'effet n'est pas le même, l'argent ou le zinc étant en contact avec le muscle dans la chaîne *Nerf* P *p*. Si le fluide galvanique pénètre plus facilement P que *p*, l'obstacle et par conséquent l'irritation, seront plus forts lorsque *p* s'opposera au fluide galvanique faible qui en sort, que lorsque ce sera P.

La masse du conducteur influe aussi sur la force des contractions; mais la longueur de l'arc et la largeur de ses parties, aux endroits qui ne touchent point les organes, sont indifférentes. Une chaîne plus longue accumule, à la vérité, plus de fluide galvanique, parce que la partie moyenne étant plus grande, elle exerce une plus forte attraction; mais la durée de l'accumulation est d'autant moindre, qu'il se trouve plus de fluide galvanique concentré en un point, et la rupture de l'équilibre se fait d'autant plus

vîte. La quantité G, nécessaire pour saturer l'arc métallique, ou qui y reste après la rupture de l'équilibre, est immuable; mais il n'en est pas de même de celle qui est nécessaire pour vaincre l'obstacle. Une force moindre, appliquée avantageusement, peut produire plus d'effet, qu'une force plus considérable moins bien dirigée. Les obstacles, opposés par q et o, fig. 81, pourront, par exemple, être plus difficilement vaincus, si les forces divisées y et z agissent sur q et sur o, que si la moitié de leur somme $\frac{1}{2} y + z$ agit seulement sur q : il est probable que o cède dès qu'il se fait une rupture subite en q.

Lorsqu'une grande surface du conducteur est appliquée sur le muscle, les effets sont plus considérables. Dans la supposition que, fig. 81, 86, 87 et 89, la rupture de l'équilibre ait lieu en même temps, il y a accumulation égale de fluide galvanique dans l'arc; mais l'irritation est plus forte dans les deux derniers cas que dans les deux premiers, parce que le fluide refluant, après la rupture de l'équilibre, par beaucoup de points de contact, il entre tout d'un coup dans le muscle en plus grande quantité que fig. 81, où il retourne par moins de points; dans ce dernier cas, le muscle ne reçoit qu'une quantité $\frac{1}{2}$ de fluide galvanique, au lieu qu'il en reçoit

la quantité z, fig. 87 et 89. La charge galvanique augmentée subitement, doit occasionner plus d'effet que lorsqu'elle est augmentée peu à peu.

Si l'on considère la perte x qui a lieu dans le conducteur, par l'évaporation qui se fait à sa surface, il est facile d'apercevoir que dans chaque moment de n il n'y pénétrera qu'une quantité $z - x$; x augmente en raison de la finesse de l'extrémité m', fig. 81, qui influe aussi sur la vîtesse du retour du fluide galvanique dans les organes.

L'expérience est encore ici parfaitement d'accord avec la théorie; car la grandeur de l'armature du muscle favorise les contractions dans les individus affaiblis, tandis que celle de l'armature du nerf ne produit pas un changement sensible dans les effets. Si la rupture se fait fig. 88, la plus grande surface du conducteur étant tournée vers le muscle, et fig. 89, la plus grande surface étant tournée vers le nerf, comme le cours du fluide est déterminé par le courant le plus fort qui vient du nerf, on conçoit facilement qu'il n'est point indifférent à quelle extrémité de l'arc se trouve la surface la plus large.

L'efficacité que les métaux acquièrent par de légères percussions, paraît également s'accorder avec cette théorie. Une vibration mécanique des

parties pouvant opposer un nouvel obstacle au fluide et rallentir son cours, on sait que des percussions mettent en liberté le calorique, ainsi que les fluides électrique et magnétique.

Enfin, comme pendant l'accumulation du fluide galvanique dans le conducteur, les fibres nerveuses et musculaires continuent de sécerner le fluide qui leur est propre, il s'ensuit que cette sécrétion se fait avec d'autant plus d'activité, que les expériences galvaniques plus répétées, absorbent, pour ainsi dire, plus de fluide sécerné. Il n'est donc pas étonnant que des cuisses de grenouilles, ainsi galvanisées, se putréfient avec beaucoup de facilité.

Je vais retracer les points principaux de la théorie que j'ai proposée ; elle est fondée sur des principes de statique, sur des idées d'attraction, de percussions, d'obstacles, de modifications de vîtesse et de force ; elle diffère essentiellement des autres explications qu'on a données du galvanisme, en ce qu'elle fait voir comment une chaîne, composée des mêmes parties, peut donner des résultats positifs et des résultats négatifs.

1.° Le relâchement et la contraction des fibres musculaires sont déterminés par des attractions, par l'affinité que les éléments des fibres ont entr'eux.

2.° Tout changement de combinaison, survenu dans les organes, modifie ces attractions; un tel changement opéré subitement produit le phénomène des contractions.

3.° Il est sécerné dans les fibres nerveuses et dans les fibres musculaires vivantes un fluide qui passe des unes dans les autres, tant qu'elles sont unies organiquement.

4.° Ce passage qui est subit quand l'accumulation du fluide est inégale dans les deux espèces de fibres, modifie l'attraction des éléments, et il est une des causes principales des contractions.

5.° Il paraît que, pour les mouvements volontaires, il se fait, par l'action de la volonté, dans le cerveau ou dans les nerfs, une sécrétion plus abondante de ce fluide, ce qui donne lieu à une décharge subite dans le muscle.

6.° Dans un nerf séparé des parties adjacentes, de manière qu'il soit environné d'air qui est un milieu isolant, la charge galvanique se trouve augmentée; la différence entre la sienne et celle du muscle, peut être exprimée par y. Quelques instants après, y diminue, parce que le nerf qui se distribue dans le muscle, tend continuellement à se mettre en équilibre avec lui.

7.°. Si le muscle est mis en contact avec le

nerf avant que y ait perdu de sa force et que l'équilibre soit rétabli, il s'ensuivra une contraction qui sera d'autant plus violente, que la partie du nerf mise en contact avec le muscle sera plus éloignée de lui.

8.° Si on établit communication par des substances conductrices entre un point d'un nerf et un autre, le fluide galvanique attiré par le conducteur, tend à se frayer un chemin, mais rencontrant des obstacles, il s'accumule ; pendant cette accumulation, la force vitale continue de sécerner dans les organes du nouveau *fluide* galvanique. La rupture d'équilibre se faisant alors et le galvanisme accumulé refluant dans les organes, il y a une surcharge et il s'ensuit des contractions.

9.° Plus les obstacles sont forts, plus la rupture de l'équilibre se fait tard, et plus elle est efficace. Le fluide galvanique paraît traverser facilement les substances animales et moins facilement les substances métalliques, mais il semble passer avec beaucoup plus de difficulté d'un métal dans un autre. Si on veut occasionner dans des individus peu excitables, des mouvements musculaires aussi forts que lorsqu'il y a incitabilité exaltée, il est nécessaire que les parties du conducteur soient disposées de manière que

les obstacles qui s'opposent à la rupture de l'équilibre, soient augmentés.

10.° La chaîne de communication étant unie avec les organes par deux points différents ; il se forme deux courants qui agissent l'un contre l'autre : s'ils sont égaux, ou à peu près, l'effet de l'irritation est faible, parce que le conducteur se trouve pénétré plus vîte, et que la rupture de l'équilibre a lieu plus tôt.

11.° Si un des courants est beaucoup plus faible que l'autre, non-seulement il n'ira que lentement au devant de lui, mais la rupture venant à se faire, il sera entraîné par celui-ci ; ce qui contribuera à concentrer l'irritation sur un seul point.

12.° Toutes ces considérations mécaniques n'excluent point la coexistence de causes chimiques : il me paraît très-vraisemblable que celles-ci contribuent beaucoup à modifier la charge électrique des métaux, leur température, leur influence sur la décomposition des fluides, et qu'elles modifient aussi les obstacles qui déterminent une rupture d'équilibre violente dans le galvanisme.

Toutes les personnes qui connaissent à fond l'état de la chimie et de la physique, ne seront pas étonnées qu'avec si peu de données, la théorie laisse beaucoup de vides ; ils ne pourront

être remplis que lorsque nos connaissances auront fait de nouveaux progrès dans d'autres sciences. J'ose me flatter que la manière dont j'ai cherché à expliquer des phénomènes aussi compliqués, au lieu de donner des idées fausses et de nuire aux recherches ultérieures, mettra au contraire sur la route qui reste à parcourir, et qu'elle contribuera à répandre un nouveau jour sur une matière qui présente encore beaucoup d'obscurité.

Pour ne pas distraire l'attention du lecteur des objets que j'ai cherché à expliquer, j'ai toujours employé l'expression *fluide galvanique,* sans parler de sa nature ni de l'analogie qu'il peut avoir avec d'autres substances. Il est temps de passer à l'examen de cet objet, il seroit important de commencer par résoudre ces questions. Les phénomènes de l'irritation métallique annoncent-ils un fluide circulant, susceptible de pénétrer les substances et de s'y combiner, ou ne doivent-ils être attribués qu'à une force qui agit de loin sur les corps? cette force ne s'exerce-t-elle qu'à leur surface, ou dans leur intérieur? Mais elles sont du nombre de celles auxquelles la physique n'a pu encore répondre d'une manière satisfaisante, comme celles de savoir si la lumière et la chaleur sont des substances ou des effets du mouvement.

Je connais les objections auxquelles on s'expose en admettant beaucoup d'espèces de matières; je suis même persuadé que ce que nous appelons *hétérogénéité*, n'est souvent autre chose que l'état différent d'une seule et même matière; mais je crois aussi qu'il est jusqu'à présent avantageux pour la science, de considérer comme des matières particulières, tout ce qui présente des combinaisons chimiques différentes.

S'il arrive jamais une époque heureuse à laquelle les effets chimiques soient réduits à des principes de dynamique, il sera facile d'éclaircir tout d'un coup, ce qui ne présenterait que de l'obscurité si l'on cherchait à l'expliquer à présent.

En parlant de la substance magnétique, de la matière de la lumière et de celle du calorique, nous devons toujours nous souvenir que l'existence de ces substances n'est pas prouvée comme celle du plomb et de l'étain, et qu'il n'y a peut-être pas plus de substance de la lumière, que de substance du son. Il faut cependant éviter de faire un pas rétrograde sur un objet où il règne depuis longtemps autant de précision que dans la doctrine de *Newton*, sur la lumière *.

* Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissen-

La question de savoir s'il y a un fluide qui circule pendant les phénomènes galvaniques, et si la contraction des muscles doit être attribuée à un changement de mélange, est donc aussi insoluble que celle-ci : La fusion d'un métal étant occasionnée par la chaleur, le calorique s'unit-il aux parties métalliques, ou bien la chaleur ne fait-elle que modifier leur force d'attraction, de manière à laisser agir leur électricité naturelle, en vertu de laquelle elles tendent à se repousser?

C'est ainsi que tous les physiciens qui ont offert jusqu'à présent des théories sur *l'irritation* métallique, ont senti la nécessité d'attribuer ses effets à une substance qui circule et qui se communique aux différents corps. *Galvani*, *Valli*, *Aldini*, *Vassali*, *Corradori* et *Darwin* regardaient le fluide galvanique comme identique avec le fluide électrique ; *Fowler*, *Cavallo* et *Creve*, ont cherché à réfuter cette identité; mais les raisons opposées par ces derniers, surtout par *Creve*, me persuadent très-peu.

Comme il est de la plus grande importance* en physique de distinguer les substances par des

---

chaft, pag. 71. — Gren, Journal 7 B. Langsdorffs neu Schrifft vom Würmestoff.

* Schranck, Baïer Flora, 1 B. §. 38.

noms différents, tant que leur homogénéité n'est pas prouvée incontestablement, je me suis toujours servi de l'expression *fluide galvanique ;* celle de *fluide nerveux* aurait pu donner lieu à un mal entendu, comme indiquant que ce fluide n'appartient qu'à la fibre sensible, ce qui n'est nullement conforme à l'observation.

Un avantage propre à la théorie que je viens d'exposer, c'est qu'en indiquant un fluide commun aux nerfs et aux muscles, dont l'accumulation subite peut occasionner des contractions et des sensations, elle ne détermine pas la nature du fluide, et qu'elle reste tout aussi admissible, que ce soit le calorique, la lumière, l'oxygène, l'azote ou l'électricité.

Pour ne pas répéter ce qui a été exposé très-au long par d'autres auteurs *, je réduirai à quatre points principaux, les raisons qu'on a fait valoir en faveur de l'identité du fluide galvanique et du fluide électrique.

1.° Dans les mouvements musculaires violents, le corps humain présente quelquefois un dégagement d'électricité. On peut citer ici Mme de

* Aldini, l. c. pag. 38-41. Gren's jour. 7 B. pag. 69 et 8 B. pag. 310. — Pfaff, l. c. pag. 200. 306. 324. 370 - 374. 390.

Séval, lady *Baltimore*, *Carlo Gonzaga*, le visigot *Theodorie* *, dont le corps dégageait du feu en marchant. Dans l'état de débilité occasionnée par une trop forte application à l'étude, dans certains maux de tête, il se dégage quelquefois des cheveux, de l'électricité, de manière qu'ils se dressent quand on les touche avec des substances métalliques, et qu'ils retombent ensuite. Le redressement des cheveux par l'effet de la terreur, paraît être aussi un phénomène électrique, car il est difficile de l'expliquer, au moyen d'une turgescence produite par un fluide, telle que celle que *Prochasca* a admise pour expliquer la contraction des muscles.

2.° Le verre, l'huile, la résine et la cire à cacheter, sont isolants pour le galvanisme comme pour l'électricité. Les substances métalliques charbonneuses et les corps humides, sont conducteurs de l'un et de l'autre fluide. Les commo-

---

* Kühn, über die Wunderhand des Grafen Thun, etc. pag. 6-9. — Tissot, Maladie des nerfs, tom. 1, p. 2, pag. 385. — Gren's journ. 6 B. pag. 412. — Des figures semblables à celle de l'électrophore, sur le dos d'un homme tué par le tonnerre. V. Thedens neue Bemerk. 3 Th. pag. 166. Rozier, journ. de physique 1793, pag. 293.

tions électriques suivent d'ailleurs manifestement le trajet des fibres sensibles (115).

3.° La saveur occasionnée par le galvanisme, dans l'expérience de *Volta*, est très-analogue à celle que l'électricité produit: *Abilgaard* a même observé que les saveurs excitées par l'électricité positive et par l'électricité négative, sont aussi différentes que celles qui ont lieu quand on applique des armatures de zinc et d'argent, aux deux faces de la langue, alternativement.

4.° Le fluide galvanique ressemble encore au fluide électrique, en ce qu'en irritant les nerfs, il fait contracter les muscles, lors même que tout autre irritant ne produit plus aucun effet.

Quand même mes expériences ne seraient pas opposées à l'identité du galvanisme et de l'électricité, le raisonnement m'en aurait fait douter: en supposant que dans tout mouvement musculaire, l'électromètre indiquât dégagement d'électricité, il ne s'ensuivrait pas encore que l'émanation du nerf qui occasionne les contractions, fût de l'électricité. Une circonstance qui précède un phénomène peut sans doute en être la cause; mais comment distinguer la cause de l'effet dans des phénomènes simultanés, comme la contraction musculaire et le dégagement de l'électricité? Nous savons que l'électricité, ainsi

que le calorique et le fluide magnétique, sont mis en liberté par la percussion et par le frottement. L'électricité ne serait-elle pas un des principes de la fibre musculaire, et n'en serait-elle pas dégagée par la contraction? Et le même changement de combinaison qui produit les contractions, ne donnerait-il pas lieu à l'union de l'oxygène avec le phosphore, pour former l'acide phosphorique, à l'union du phosphore avec l'azote, pour former l'azote phosphoré, et à l'union d'autres principes *a b y z* avec le fluide électrique? Je ne cite qu'un très-petit nombre d'exemples parmi beaucoup d'autres circonstances possibles; mais il est de la plus grande importance pour la physiologie, de tenir compte de toutes ces circonstances, parce que, sans elles, on ne peut juger qu'imparfaitement des procédés qui constituent l'organisme.

L'analogie des saveurs atteste encore moins celle du galvanisme et de l'électricité, car des substances différentes peuvent produire sur les organes des sens, des impressions fort analogues. Si la perception d'une saveur correspond à un changement de mélange dans les nerfs du goût, il est probable en effet que les substances les plus différentes, agissant comme irritantes, peuvent produire des changements semblables.

L'ame ne peut apercevoir que le résultat d'un procédé qui a lieu dans le corps animal même; la forme et le mélange chimique des éléments agissent sans doute simultanément pour exciter des impressions sur les sens; ainsi le procédé qui a lieu dans les nerfs, et que l'ame aperçoit, est l'effet des forces mécaniques et chimiques. Partout où la matière agit, je ne puis la concevoir qu'agissante avec toutes ses propriétés.

Maintenant, si je désigne par *y* le changement qui répond à une saveur déterminée, et les substances qui y contribuent essentiellement par *a*, *b*, *c*, le changement aura lieu toutes les fois que l'irritant mêlera dans les organes *a* à *b* ou à *c*, *c* à *a* ou à *b*, *b* à *a* ou à *e*.

Cette idée, qui peut être appliquée à d'autres impressions sensibles, fait voir, 1.° comment trois substances sapides hétérogènes peuvent produire la même saveur ou des saveurs fort analogues; 2.° comment des sensations, produites par le même stimulant, peuvent être différentes, en raison de la différence de l'organe; et 3.° comment une saveur peut rendre presqu'entièrement inefficace celle qui lui succède.

En considérant les nombreuses variétés qui peuvent résulter de la réunion et de la combi-

naison de quatre ou cinq substances, on conçoit que toutes les saveurs que nous sommes susceptibles d'éprouver, dependent peut-être de l'action réciproque de quatre ou cinq principes, tels que l'oxygène, l'azote, le phosphore, l'hydrogène, la terre calcaire ; et si la force des saveurs dépend de la quantité des éléments décomposés et combinés de nouveau, on comprend qu'un premier stimulant ayant enlevé beaucoup d'azote à la fibre sensible, un second avec lequel l'azote doit encore jouer un rôle, demeure absolument inactif; mais s'il y a un intervalle considérable entre les deux impressions, la substance qui manque est reproduite par les organes, et le lait même peut produire une saveur, quoique pris après un acide très-fort. Ainsi, les phénomènes des sens s'expliquent par ce qui se passe dans les organes des sens eux-mêmes, sans avoir recours à la réaction d'un sens interne et à ses rapports inconnus avec le monde matériel.

L'apparition lumineuse que produit l'expérience de *Hunter* annonce encore moins l'identité des fluides électrique et galvanique, que la ressemblance des saveurs qu'ils excitent. La perception de la lumière ne prouve pas du tout l'existence de la lumière libre. On peut con-

sulter, à ce sujet, les observations sur l'irritation mécanique du nerf optique (117) et sur la sympathie des nerfs de l'odorat, par l'effet de l'oxygène, exposées dans le chapitre IX. Le fluide galvanique ne produit point d'irritation particulière sur ces nerfs, qui, d'ailleurs, sont très-excitables par le fluide électrique.

Franklin a remarqué le premier que des animaux, ou des parties animales, dont l'irritabilité avait été détruite par de fortes commotions électriques, ou épuisée par des contractions souvent répétées, entraient très-vîte en putréfaction. J'ai souvent fait la même observation sur des substances animales employées pour les expériences galvaniques. Des cuisses de grenouilles, sur lesquelles le galvanisme a agi longtemps, entrent en putréfaction plusieurs jours avant d'autres qui n'ont point été galvanisées. Cet effet du galvanisme est surtout très-sensible sur le corps gélatineux des têtards: cependant cette observation n'atteste nullement l'identité du fluide électrique et du fluide galvanique. Plusieurs poisons violents, tels que celui de la *vipère* et plusieurs autres, produisent le même effet, d'exciter la putréfaction; or, peut-on soupçonner que cette propriété soit due à une même substance dans des irritants très-différents.

Parmi toutes les raisons d'analogie entre l'électricité et le galvanisme rapportées plus haut, la seule qui me paraisse de quelque poids, c'est l'identité des conducteurs de ces deux fluides; mais des expériences nouvelles ont attesté une très-grande différence entre les conducteurs de l'un et de l'autre.

De vieux os bien séchés et blanchis sont aussi bons et même meilleurs conducteurs de l'électricité que les métaux ; ils sont isolants du fluide galvanique, comme le verre et la cire d'Espagne.

L'auteur d'un ouvrage allemand, publié il y a sept ans, sur *la doctrine de l'électricité*, a fixé le premier mon attention sur la propriété conductrice des os, et j'ai entrepris une suite d'essais comparatifs sur la propriété conductrice de l'électricité du bois humide, de la pierre calcaire et des os humains.

Un os maxillaire inférieur, conservé depuis vingt ans dans une collection, fut adapté à une bouteille de Leyde, de manière que l'une de ses branches touchait la surface extérieure de la bouteille, et l'autre sa surface intérieure. Il me fut absolument impossible de charger ainsi la bouteille ; l'électricité passait si complètement d'une branche à l'autre, que ma main, touchant

la surface extérieure et l'intérieure, elle n'éprouva pas le moindre effet de la charge électrique.

J'obtins le même résultat, après avoir séché cette mâchoire, en la chauffant sur un poêle au point qu'on pouvait à peine la manier.

Du bois humide, mis à la place de l'os, produisit un faible effet dans le commencement; mais en continuant de tourner le plateau, la bouteille se trouva complètement chargée, le passage de l'électricité à la surface extérieure étant trop prompt pour que ce conducteur imparfait pût rétablir vîte l'équilibre.

De la pierre calcaire solide et une corne d'ammon pétrifiée se comportèrent exactement comme le verre et la cire d'Espagne : la bouteille fut chargée tout aussi vîte, soit que ces deux substances la touchassent, soit qu'elles ne la touchassent pas.

Une personne, placée sur l'isolatoire, fut mise en contact alternativement, par le moyen de métaux et d'os, avec le conducteur chargé d'électricité. Les étincelles qu'elle donnait étaient également fortes, dans ces deux cas. En employant du bois humide, les étincelles devinrent très-faibles; la pierre calcaire n'en produisit point du tout.

Je me suis convaincu, par plusieurs expé-

riences, que les os sont de meilleurs conducteurs électriques que les métaux; si une petite machine électrique produit un effet si faible, qu'une personne isolée ne tire point d'étincelles en touchant le conducteur avec une tige de métal, les étincelles deviennent visibles aussitôt qu'on vient à substituer un tibia à la tige métallique. Etant placé sur l'isolatoire, je sentis des commotions plus fortes lorsque je touchais le conducteur au moyen d'un os, que lorsque je le touchais avec une chaîne de métal.

Je ne me suis point encore assuré de la différence que présentent les os des différents mammifères, ni de celle des divers os du même individu, comme l'émail des dents, le tissu spongieux du sternum, des autres os plats et des os longs, mais je suis persuadé qu'il en existe une.

L'assertion de l'auteur dont j'ai cité l'ouvrage plus haut, et la ressemblance d'odeur que plusieurs physiciens célèbres ont cru trouver entre la matière électrique et l'acide phosphorique, me donnèrent l'idée que la chaux phosphorée pouvait être conductrice. Je choisis, pour m'en assurer, un beau cristal d'*apatite*; et je réunis les surfaces intérieure et extérieure d'une bouteille de Leyde, par le moyen d'une chaîne de métal interrompue par ce cristal: la bouteille

fut chargée aussi vîte que si cette substance n'y eût pas été. Des expériences postérieures à celle-ci m'ont convaincu que l'*apatite* est parfaitement isolante : cette observation rend la propriété conductrice des os encore plus étonnante.

La substance émaillée des dents doit sans doute être considérée comme de la terre calcaire unie seulement à de l'acide phosphorique, la gélatine qui se trouve en plus grande quantité dans les autres os et qui s'y conserve même après une longue dessiccation, devrait plutôt diminuer qu'augmenter cette propriété. Le phosphore, la terre calcaire, le carbone, l'hydrogène, l'azote et un peu d'oxygène sont les éléments des os. Quelle est celle de ces substances à laquelle on pourrait attribuer la propriété conductrice? Probablement à aucune en particulier; mais elle appartient à l'union organique de toutes. La situation respective des molécules des corps contribue probablement à produire la propriété conductrice autant que les proportions de leur mélange chimique; ainsi, il est facile de concevoir qu'un fossile qui contient toutes les parties constitutives de l'os, mais qui n'a pas sa texture organique, peut cependant être isolant.

Le diamant, qui est isolant, comme toutes les espèces de pierres, dans les expériences gal-

vaniques, a été indiqué comme conducteur de l'électricité par *Comus* (118). Cette découverte était intéressante à raison du carbone qui semble être contenu dans le diamant, et de la propriété conductrice très-marquée du charbon de bois. Comptant sur l'exactitude des expériences de ce physicien, j'électrisai une bouteille de Leyde, dont les deux surfaces étaient unies par une chaîne de métal interrompue par un diamant oriental de deux lignes de longueur; j'étais persuadé que, comme dans l'expérience avec l'os, la bouteille ne se chargerait point: en conséquence, j'examinai, sans précaution, *l'état* de la bouteille de Leyde avec deux doigts de la main droite; mais le coup violent que je reçus me prouva la propriété isolante du diamant. Dans d'autres expériences, le diamant a toujours présenté cette propriété, de même que la zircone, le cristal de roche et la cire d'Espagne, et je doute qu'il y en ait des variétés qui possèdent la propriété que *Comus* et *Galhtzin* ont prétendu y avoir trouvé.

1.° L'air raréfié est conducteur de l'électricité la plus faible, mais en aucune manière du fluide galvanique. Je dis à dessein l'air raréfié, et non pas le vide. *Beccaria* * avait déja observé qu'une

---

* *Electricismo artificiale*, §. 411.

raréfaction peu considérable de l'air favorisait la dispersion de l'électricité dans un globe de verre, plus qu'une raréfaction plus grande; et *G. Adams* * a prouvé incontestablement que le vide parfait est isolant de l'électricité. L'air est isolant du fluide galvanique comme le vide (119).

2.° La flamme est le conducteur le plus parfait de l'électricité, et elle est isolante dans le galvanisme. *Miles* observa le premier, en 1745, la propriété conductrice de la fumée et de la flamme. *Bennet* tira parti de cette observation, pour conduire dans son électromètre de petites quantités de l'électricité de l'air. *Volta* a trouvé que son électromètre avec de la paille donne des marques d'électricité deux ou trois fois plus fortes, lorsqu'il place au dessus un fil enduit de soufre allumé, que lorsqu'il le laisse simplement dans une couche d'air faiblement chargée **. En

---

* J. Adams, Essays, on electricity, 3.e édit. 1787, suppl. pag. 75.

** Bennet, dans les Transactions philosophiques, vol. 77, pag. 290.—Volta, dans les Lettres météorologiques, pag. 112. Si la foudre tombe souvent sur les cheminées, cet effet dépend probablement plus de la colonne de fumée qui en sort, que de leur hauteur.

supposant que ce phénomène important pour le météorologiste, dépende de la réunion des propriétés conductrices de l'air échauffé et raréfié, des vapeurs et du charbon; il est toujours vrai que la raréfaction de l'air et la chaleur paraissent y jouer un rôle essentiel; car j'ai observé que la flamme du phosphore était aussi conductrice que celle de la mèche huilée d'une lampe.

Nous savons qu'il émane de la flamme, de la lumière, du calorique, des particules du corps en combustion non-décomposées, charbonnées, entraînées mécaniquement, des vapeurs *aqueuses*, résultantes d'une nouvelle combinaison d'oxygène et d'hydrogène, de l'acide carbonique, des vapeurs grasses, de l'acide sulfurique, de l'acide phosphorique et d'autres acides animaux composés. Toutes ces substances sont enveloppées dans une atmosphère raréfiée contenant peu d'oxygène, qui est conductrice jusqu'à trois ou quatre pouces autour de la flamme.

Si, après avoir frotté un tube de verre ou un bâton de cire d'Espagne sur de la flanelle, l'on passe ces substances idio-électriques au dessus de la flamme d'une mèche huilée, d'une bougie, du gaz hydrogène, du soufre ou du phosphore, l'électricité est détruite aussitôt: j'ai fait des expériences avec ces cinq substances. La fumée

d'une chandelle nouvellement éteinte est également conductrice de l'électricité.

Mais il n'en est pas de même relativement au fluide galvanique. Qu'on isole une bougie ou du soufre, en l'attachant sur un plateau de verre; qu'on réunisse ensuite deux portions de la chaîne, galvanique séparées par une couche d'air mince, à l'aide de la flamme de la bougie ou de celle du soufre, l'irritation métallique sera complètement inactive, et il n'y aura contraction musculaire ou sensation de saveur, que lorsque les métaux se toucheront immédiatement dans la flamme ou au dehors de la flamme *.

On ne doit pas objecter ici que, pendant la combustion, des particules solides s'élèvent dans la fumée; que l'électricité est ainsi constamment entraînée, et que l'irritation métallique est inefficace, parce que le fluide galvanique, comme le fluide électrique, pénètre la flamme qui l'absorbe au point qu'il n'en peut rien passer dans l'autre partie de la chaîne galvanique.

Plusieurs expériences détruisent cette objection **. Si l'électricité que la flamme reçoit était

---

* Pfaff, l. c. pag. 57.

** Saussure, Voyage dans les Alpes, vol. 3, pag. 345.

dissipée de cette dernière, elle se manifesterait bien différemment sur l'électromètre. Les plus petites quantités d'électricité, qui marquent, par exemple, à peine, $\frac{1}{300}$ de degré à l'instrument de *Volta*, ne s'arrêteraient certainement pas dans les brins de paille ou dans les feuilles d'or, mais elles en seraient expulsées aussitôt qu'elles y auraient passé. De plus, le fluide galvanique est efficace, conduit à travers des vaisseaux fort grands, remplis d'eau bouillante, dans lesquels les parties métalliques de la chaîne ne se trouvent pas en contact immédiat. Une surface d'eau, d'où il se fait une évaporation aussi considérable, n'entraînerait-elle pas plus d'électricité, que la petite flamme de gaz hydrogène qui peut sortir d'un petit tube à baromètre? En outre, les expériences galvaniques attestent que le passage du fluide galvanique n'est point empêché, lorsque des réservoirs d'eau d'une largeur et d'une profondeur considérable, sont employés comme conducteurs. L'isolement du fluide galvanique, occasionné par la flamme, ne peut donc s'expliquer, parce que la flamme entraîne ce fluide.

3.° Le verre échauffé est un conducteur parfait de l'électricité, mais il est isolant dans les expériences galvaniques. Le calorique rend tous les corps meilleurs conducteurs de l'électricité.

L'air chaud est meilleur conducteur que l'air froid (120); un métal échauffé est meilleur qu'un métal froid. J'ai changé des minéraux qui agissaient à peine comme demi-conducteurs, en conducteurs parfaits, en les chauffant: ils perdaient cette propriété par le refroidissement; et même des substances idio-électriques deviennent conductrices lorsqu'on les chauffe. *Valli* a prétendu la même chose du galvanisme; mais ni * *Pfaff*, ni moi, nous n'avons jamais vu l'irritation métallique devenir efficace, lorsque la communication entre les armatures était interrompue par du verre rougi au feu, quoique très-mince, par de la cire d'Espagne brûlante, par du soufre échauffé, ou par de l'ambre jaune fondu.

D'après ces considérations, nous voyons que beaucoup de substances sont conductrices de l'électricité et du galvanisme, mais que les conducteurs électriques les plus parfaits, comme les os, la flamme, l'air raréfié, sont isolants pour le fluide galvanique. On peut donc regarder comme certain que l'électricité et le galvanisme ne sont point identiques **. Mais le galvanisme

---

* Pfaff, l. c. pag. 56.

** La Roche, Analyse des fonctions sensibles. — Reil, Archiv. 2 B. 1 N.

ne serait-il qu'une modification de l'électricité (121)?

On pourrait imaginer que le fluide électrique, étant comme enveloppée par d'autres substances, suit d'autres lois qu'il ne fait sans cette circonstance. Mais il est impossible de décider cette question : l'électricité n'est pas un fluide simple, comme *Deluc* l'a dit il y a long-temps, mais c'est un fluide composé. On conçoit quelques-unes de ses parties constituantes, mais on est obligé d'en supposer d'autres. Selon *Gren* *, le fluide électrique contient une substance combustible et un acide; selon *Lichtenberg***, il contient du calorique, de l'oxygène et de l'hydrogène; selon *Lampadius* ***, du calorique, du phlogistique, de la lumière et une base phosphorescente. Je crois qu'on ne peut encore prétendre à en indiquer les éléments, parce qu'il y a trop peu d'expériences électriques assez simples, pour offrir des résultats certains sur ce point.

L'électricité paraît agir comme un acide faible. Je fis passer à travers la corolle du *myosotis*

---

* Gren's Grundriss der naturlehre, 1793. §. 1046.

** Lichtenberg, in. Erxlebens naturlehre. 6 aufl. Vorrede.

*** Lampadius, Versuch über die electr. der atmosphære. cap. 2.

scorpioides de fortes charges électriques au moyen d'une bouteille de Leyde, et je vis les pétales qui étaient bleues devenir, à l'instant, d'un rouge de brique (122). Souvent cet effet n'avait lieu que sur deux pétales, et les autres ne changeaient pas de couleur. *Priestley* a observé que la teinture de tournesol rougit quand on y fait passer l'électricité; mais cette expérience n'atteste pas plus que l'odeur ou la saveur, la ressemblance de l'électricité avec un acide. *Priestley* et moi n'avons-nous pas fait nos expériences dans l'air atmosphérique, et par conséquent avec des conditions très-compliquées? A chaque commotion, l'azote ne s'unit-il pas à l'oxygène pour former de l'acide nitrique? Il faudrait au moins que nous pussions répéter nos expériences dans du gaz inflammable pur, et encore les résultats pourraient s'expliquer de différentes manières. Le changement de couleur se fait dans un organe vivant; et de même que la première coloration en bleu des pétales s'est faite par un procédé chimique et organique, et qu'elle est le résultat d'une sécrétion particulière, le changement subit de leur couleur peut être un effet de la vie végétale.

Les sucs des plantes contiennent, sans contredit, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxy-

gène. Si la décharge électrique rougit les pétales, en irritant des organes excitables, en modifiant la vie qui leur est propre, et si elle détermine ainsi une combinaison différente dans les substances qui les composent, les matériaux de l'acidification sont contenus dans les vaisseaux eux-mêmes, et il ne faut les chercher ni dans le fluide électrique, ni dans l'atmosphère environnante.

On peut expliquer de même la saveur acide occasionnée par le passage de l'électricité dans la langue. Les organes animaux contiennent constamment de l'azote et de l'oxygène. L'électricité peut occasionner leur union chimique, et produire un acide nitreux faible : la saveur acide ne serait-elle pas un effet de cette combinaison.

Quant à l'odeur de phosphore que l'électricité répand, elle n'est sentie que dans l'air atmosphérique; d'ailleurs, nous ne connaissons pas toutes les différentes combinaisons de l'azote et de l'oxygène, ni les odeurs qu'elles peuvent avoir selon leur degré de saturation. La présence d'un acide dans la matière électrique n'est donc pas prouvée par des expériences certaines.

Le fluide électrique devient lumineux en traversant des gaz non-respirables; il contient par conséquent de la matière de la lumière dans un

état de combinaison; ou ne saurait dire s'il absorbe de l'air vital pour se l'approprier afin d'acquérir quelque certitude sur ce sujet, il faudrait pouvoir faire des expériences avec des machines électriques que l'on ferait mouvoir dans des gaz dépouillés d'oxygène. Que peut-on penser, au reste, de la matière de la lumière, dont l'existence matérielle est encore si problématique ? Si les baromètres, entièrement privés d'air, ne présentent pas de lueurs, il semble qu'on doit en conclure que l'air vital contribue à la formation de la matière électrique.

Achard a observé que le soufre fondu devenait alcalin, au moyen de commotions électriques. Mais si l'on fait attention que les alcalis fixes peuvent être des corps composés, cette expérience s'explique sans difficulté (123): il est possible de tirer d'un air atmosphérique humide de l'azote et de l'hydrogène, par le jeu des affinités, et d'en former ensuite un alcali.

Les décharges électriques dégagent une petite portion de calorique, car en décomposant l'air atmosphérique, elles font passer plusieurs gaz à l'état liquide *. Mais si le thermomètre monte

* Van Marum, continuation des expériences électriques, 1787, pag. 180.

dans le courant électrique, comme *Adams* l'a observé, cela dépend d'une autre cause, c'est-à-dire, du calorique contenu dans l'électricité même, parce que le thermomètre monte dans l'air raréfié bien plus que dans l'air condensé. Le courant électrique, passant à travers l'alcohol, l'éther sulfurique, l'essence de thérébentine, produit de l'hydrogène pur, de l'ammoniaque pure ou combinée avec de l'acide carbonique, de l'hydrogène et de l'azote. Le savant de Harlem, à qui la physique et particulièrement celle des corps vivants, doit des découvertes importantes a fait, sur cet objet, des expériences* dont les résultats sont très-convaincants.

Plus un corps est conducteur de l'électricité, plus la quantité de calorique qui s'en dégage est considérable. La foudre fond des lames d'épées dans le fourreau, et conséquemment sans le contact de l'air; au contraire, le beurre qui est un conducteur très-imparfait, ne se ramollit presque point si on lui communique des commotions avec la bouteille de Leyde. Lorsqu'on enflamme une substance au moyen de l'électricité, cela est dû à l'élévation subite de sa température, d'où il résulte que la base aci-

* Gren's, Journal l. c. p. 1 - 17.

difiable peut exercer une attraction plus forte sur l'oxygène. L'accélération du mouvement des humeurs dans les corps organisés, l'augmentation de leur action vitale, occasionnée par de faibles commotions électriques, l'épuisement entier de la fibre, par des décharges violentes, s'expliquent aussi par l'effet du calorique. Lorsqu'il se forme de la matière électrique, le calorique se combine, et il se produit du froid. C'est pour cette raison que l'électricité de l'air est bien plus forte dans les temps froids que pendant la chaleur. Le refroidissement qui succède à un orage peut s'expliquer, parce qu'après une grande décomposition de la matière électrique, il s'en forme de nouvelle.

L'oxygène et l'azote purs ne sont pas altérés par l'électricité. L'oxydation de l'amalgame sur le coussin serait regardée mal à propos comme une preuve de l'existence de l'oxygène, ou d'un acide dans l'électricité. Les coussins sont en contact avec l'air atmosphérique qui contient de l'oxygène; le frottement seul, comme le prouve l'oxydation du mercure lorsqu'on le secoue, peut favoriser l'union du métal avec l'oxygène de l'atmosphère. Les expériences faites par le citoyen *Charles* et par le duc de *Chaulne*, sur l'oxydation des métaux, sont encore plus

convaincantes. Durant l'oxydation dans l'air atmosphérique, ils ont remarqué une absorption d'air vital *, ce qui prouve que ce n'est point l'électricité qui fournit l'oxygène pour cette oxydation.

Dans les réflexions précédentes on a rassemblé tout ce que nous pouvons nous flatter de savoir sur les propriétés chimiques et sur les parties constituantes du fluide électrique, et nous voyons que l'on a cru apercevoir dans ce fluide bien des substances qui appartiennent aux milieux environnants, et qui en sont seulement séparées par l'électricité. Il en résulte qu'on peut la considérer comme étant une substance gazeuse, et comme celle de toutes ces substances qui contient le plus de calorique. Il est possible qu'outre le calorique et la lumière, l'électricité contienne encore des matières tout-à-fait inconnues; il est même probable que l'électricité positive est tout-à-fait différente, par sa combinaison, de l'électricité négative. Mais l'existence d'une matière électrique est elle-même aussi problématique que celle des substances du calorique et de la lumière (124); cette question est très-difficile à décider, car nous n'apercevons

* Schmids, Gren's Journal. 1. B. pag. 372.

jamais l'électricité qu'à l'instant de sa décomposition : nous ne pouvons ni la considérer isolément, ni la peser.

La question de savoir si le fluide galvanique est une modification du fluide électrique, se réduit donc à déterminer si une combinaison gazeuse inconnue est une modification d'un autre mélange qui nous est également inconnu? Ils peuvent participer tous les deux de la lumière et du calorique ; chacun d'eux peut avoir une base particulière, différente de tous les principes que nous connaissons. Il paraît même assez probable que le fluide galvanique n'est pas un fluide composé, mais un fluide simple. Il semble, au reste, avoir plus de rapport avec le calorique, que le fluide électrique. Qu'on se rappelle les expériences faites avec les poissons électriques, dont on connaît actuellement cinq espèces : le *silurus electricus*, le *raja torpedo*, le *gymnotus electricus*, le *tetrodon patersonii* et le *trichiurus indicus*. Il n'est point encore prouvé que l'électricité y soit mise en jeu. Si l'on examine les faits rapportés par *Spallanzani*, par *Walsch* et par *Ingenhousz*, on trouvera que la cause des phénomènes que ces poissons présentent est enveloppée d'une aussi grande obscurité, que celle des phénomènes du galvanisme. *Kuhn* a

vu quelquefois l'électromètre affecté par le galvanisme; on n'a jamais rien observé de semblable avec les poissons électriques *. Tous les naturalistes nient encore qu'on aperçoive une étincelle électrique; il n'y a que *Bajon* ** et *Walsch* qui aient observé cet effet avec le *gymnotus electricus* (125). Mais quand on considère que la décharge violente observée dans ces animaux, se fait sans le moindre dégagement de lumière, on est tenté de croire qu'elle n'est point une condition essentielle, et qu'elle n'a été que l'effet secondaire d'une forte affection des organes, dans les cas observés par *Bajon* et par *Walsch*. Peut-être qu'à l'avenir, mon séjour dans les contrées méridionales me fournira l'occasion d'observer si les os des animaux sont isolants de la substance qui émane de la torpille, ou s'ils en sont conducteurs comme du fluide électrique. Tout ce dont les métaux sont conducteurs et que le verre isole, ne doit pas être regardé comme de l'électricité.

L'analogie de la force nerveuse et du magné-

---

* *Memorie di matematica et di fisica della società italiana.* Tome II, page 603.

** Rosier, Journal de physique, octobre, 1776. — Ingenhousz. Vermischte Schriften. Tome I, page. 31.

tisme, que *Wrisberg* a soutenue publiquement * en 1766, et que d'autres ont aussi regardée comme très-probable, d'après l'existence de parties ferrugineuses dans le corps animal, n'est plus admissible aujourd'hui. Des observations récentes attestent cependant l'effet du magnétisme sur les fibres vivantes et excitables. Je ne m'en rapporte ni au charlatanisme de *Mesmer* (126), ni aux observations fabuleuses du docteur *Schilling* (127), que des écrivains estimables ont cependant copiées, mais je me fonde sur des faits publiés par un célèbre médecin de Genève ** (128). Ce qui circule dans le galvanisme ne peut pas être du magnétisme, parce que ce dernier n'est isolé ni par l'air atmosphérique, ni par du verre; mais il semble qu'il y a dans les fibres animales une propriété analogue à celle de l'aimant, dans la danse de St. Gui, les muscles contractés se relâchent aussitôt qu'on les touche avec une barre de fer; les autres mé-

* Haller's Grundriss, der physiologie, §. 287, note 106. — Sœmmerings Hirnlehre, §. 202.

** De la Roche, Analyse des fonctions du système nerveux, tom. 2. — Hufeland a trouvé l'application du galvanisme efficace dans les spasmes de l'estomac, et dans le mal de dents.

taux sont aussi inefficaces que le verre et la cire à cacheter, comme *Scherer* l'a observé. Cette découverte est importante; mais nous ne devons pas en conclure que c'est la force magnétique qui fait mouvoir les muscles.

Peut-être les fluides galvanique, électrique et magnétique ont-ils beaucoup de rapports entr'eux, et ne diffèrent-ils que comme le sang, le lait et le suc des plantes, par exemple, diffèrent les uns des autres. La nature, en vertu de sa force de combinaison, compose, avec très-peu de substances primitives, des matières qui offrent la plus grande diversité dans leurs phénomènes. Les hommes ont été plusieurs mille ans sans connaître le grand procédé d'assimilation, décrit avec tant de clarté et de précision par *Fourcroy*, dans sa Philosophie chimique, au moyen duquel la matière végétale se change en matière animale. Peut-être saura-t-on un jour avec la même précision, par quelle espèce d'agent le fluide galvanique est augmenté ou diminué dans la substance des muscles et des nerfs. Enfin, il peut se faire que les phénomènes galvaniques, électriques et magnétiques ne dépendent pas de substances particulières, mais seulement de certaines proportions déterminées dans les parties constituantes du corps animal;

proportions qui supposent des conditions analogues, mais qui sont modifiées par la diversité de la nutrition.

Quelque peu que nous connaissions jusqu'à présent les causes des contractions des fibres, on a cependant tort de dire que depuis *Hippocrate*, on n'a pas fait de progrès dans cette partie. Il faut pardonner cette plainte à ceux qui ne méprisent les connaissances modernes que pour faire croire qu'ils possèdent les anciennes. J'en appelle à ceux qui ont suivi les progrès de la physiologie animale et végétale, et je les prie de comparer ce que le grand *Haller* a rassemblé sur les prétendus esprits vitaux, avec ce que nous en savons actuellement *. Aurait-on pu concevoir autrefois que le contact immédiat d'un muscle et du nerf qui s'y distribue pût produire des contractions, et qu'on pût conduire, depuis les organes jusqu'à une très-grande distance, le fluide dont dépend le mouvement des fibres? Pouvait-on apprécier autrefois comme aujourd'hui les ressemblances ou les différences qu'il y a entre le fluide électrique et le fluide nerveux? Mais je ne m'arrête pas davantage à ce qui a été fait dans ce

* Haller, physiologie. 4.e vol. pag. 618.

siècle; il sera plus intéressant de jeter un coup-d'œil sur la riche moisson qui nous attend, et que nous recueillerons sans doute en grande partie, en suivant la route de l'expérience et de l'observation.

J'ai déja remarqué plus haut, en développant ma théorie dynamique des phénomènes du galvanisme, que non-seulement elle n'exclut point la coopération d'une cause chimique, mais même que je regarde comme très-probable que la charge électrique particulière des métaux, leur température et son influence sur l'évaporation et la décomposition des liquides proprement dits et des fluides aériformes, modifient les obstacles qui accroissent les effets de la rupture d'équilibre. C'est ici l'occasion de développer cette assertion, c'est-à-dire, de montrer sa liaison avec d'autres phénomènes, dont plusieurs ont été peu considérés.

L'effet que produit la vapeur de l'haleine, répandue sur une face d'une des pièces du conducteur, peut sans doute être attribuée, comme il a été démontré, à une opposition de force. Cette explication est d'autant plus plausible, qu'elle démontre comment les chaînes *Nerf* P $\underbrace{\text{H } p}$ P et $\underbrace{\textit{Nerf}\text{ P H } p\text{ H P}}$ peuvent être toutes les deux positives dans l'état d'incitabilité exaltée. Il s'agit

cependant de savoir si, dans cette occasion, l'humidité ne produit pas un autre effet que celui d'accélérer le mouvement du fluide.

Volta et *Cavallo* avaient déja observé que la vapeur que l'on obtient en répandant de l'eau sur des charbons allumés, était électrisée positivemont. On en avait conclu un peu précipitamment que, dans toute évaporation, l'électricité du corps sur lequel elle se fait, est négative *. *Saussure* a réfuté cette erreur par une suite d'expériences très-ingénieuses; il a trouvé que l'état d'électricité positif ou négatif de la vapeur dépendait de la nature de la surface d'où se fait l'évaporation (128). L'eau, l'alcohol, l'éther, mis en contact avec du fer et du cuivre, manifestaient de l'électricité positive. Avec l'argent et l'argile rougis, ils manifestaient presque toujours de l'électricité négative. Lorsque l'argent échauffé produisit une fois de l'électricité positive, il parut que cela provenait d'un mélange hétérogène; car aussitôt que l'on eut fait bouillir de l'acide muriatique dans le creuset, l'électricité fut constamment négative. Cette découverte est, sans contredit, de la plus grande importance; et, lorsque *Saussure* l'a publiée, il ne se doutait pas qu'elle

* Rozier, Journal de physique, 1783, août.

eût jamais quelque rapport avec l'irritation musculaire.

Avant d'avoir fait des essais sur le contact immédiat des parties unies organiquement, et d'être porté à attribuer les phénomènes du galvanisme à une cause intérieure, je crus avoir trouvé, dans cette découverte de *Saussure*, la solution du problême qui m'occupât alors. Je pensais que deux métaux différents, de l'argent et du cuivre, par exemple, touchant des organes humides, l'humidité animale s'évaporait sur les métaux, et excitait ainsi différentes espèces d'électricité. *Saussure* n'a cependant observé cette électricité qu'à 80.° du thermomètre de *Réaumur*, jamais à une plus basse température. Mais je considérais que nos électromètres artificiels sont bien faibles et bien imparfaits, en comparaison de l'excitabilité de nos organes; que ce qui occasionne une évaporation considérable en grand, peut en produire une faible en petit; que toute armature peut exciter par conséquent une espèce d'électricité particulière, et leur réunion occasionner une explosion qui agit sur les organes comme un irritant extérieur. J'imaginais que les différents degrés de la propriété excitante des conducteurs dépendaient de la charge plus ou moins forte que les

métaux recevaient par l'évaporation. Il semblait, d'après les expériences de *Saussure*, que certains métaux, l'argile et d'autres substances qui favorisent l'évaporation de l'eau sans la décomposer, produisaient une électricité négative, et que les métaux qui, dans l'évaporation, donnent de l'hydrogène, produisaient de l'électricité positive. Les premiers passent à l'état négatif, parce qu'ils donnent leur électricité positive pour la formation de la vapeur, et l'électricité positive que les autres perdent, leur est amplement restituée par le dégagement de fluide électrique qui a lieu pendant la décomposition de l'eau. Ces considérations me paraissaient expliquer pourquoi le zinc et l'argent, le plomb et l'or, sont si efficaces dans l'irritation métallique.

L'évaporation qui se fait à la surface de l'or et de l'argent, donne de l'électricité négative. On n'a point encore fait d'essais avec le zinc et le plomb; mais il est à présumer, d'après la facilité avec laquelle ces deux métaux décomposent l'eau, qu'ils donnent, comme le fer et le cuivre, de l'électricité positive. Des métaux homogènes peuvent occasionner des contractions, lorsque l'excitabilité de l'organe est exaltée, parce qu'il paraît impossible d'appliquer en même temps les deux branches du conducteur;

or, s'il se manifeste de l'électricité positive dans celle que l'on a appliquée la première, il y aura dans l'autre branche, conformément aux principes connus, de l'électricité négative. Mais si cette branche, électrisée négativement, est mise en contact, l'évaporation y formera de l'électricité positive, et il se fera une légère décharge entre l'électricité positive et l'électricité négative; mais il n'y aura pas de contractions, si l'organe est insensible à l'électricité. Dans les chaînes *Nerf* P P ou *Nerf* P *p* P, il n'y a que des métaux homogènes appliqués aux organes d'où se fait l'évaporation, et il ne peut y avoir de décharge entre deux corps électrisés de même. Mais si le corps intermédiaire hétérogène *p* est couvert sur une de ses faces, de la vapeur de l'haleine, il s'y forme de l'électricité négative : selon cette théorie, l'expérience avec l'haleine *Nerf* P H *p* P doit donc toujours présenter des contractions, ce qui est conforme à l'observation. S'il est vrai que dans les éruptions des volcans, les tremblements de terre proviennent d'une grande quantité d'eau versée dans le cratère embrasé, et de l'électricité qui est dégagée par ce moyen, on a lieu d'admirer que la même puissance puisse bouleverser la terre, et faire mouvoir les fibres délicates de la *naïade*.

Ces idées me vinrent pendant que je lisais le Voyage des Alpes, par *Saussure*, au pied du mont Bernard. Je les communiquai aussitôt à mes amis de Genève : ils se réjouirent avec moi de ce que des faits si simples semblaient devoir conduire à la solution du problême galvanique. *Saussure* m'engagea cependant à ne pas accorder une confiance illimitée à ses expériences ; il m'invita en même temps à les répéter, et à comparer ensuite les faits.

J'aperçus mon erreur en revoyant la description de ces expériences, avant même d'avoir tenté de les répéter. Lorsque l'eau s'évapore sur des charbons, il ne se forme pas d'électricité positive, malgré la décomposition de l'eau, mais il se forme de l'électricité négative ; et ce même charbon, employé avec de l'argent également négatif, fait naître des contractions plus violentes qu'avec du fer. Les expériences galvaniques réussissent d'ailleurs parfaitement bien sous l'eau et sous l'huile. Or, il ne peut y avoir d'évaporation, quand tous les organes sont plongés dans un liquide ? Il faut donc renoncer à une théorie qui serait fondée uniquement ou principalement sur l'état électrique des conducteurs mis en contact avec des substances évaporables.

Mais, quoique les phénomènes galvaniques

aient lieu dans bien des cas où il n'y a nullement d'évaporation, il est possible que celle-ci joue un rôle fort important dans beaucoup d'autres. Il est très-probable non-seulement que la charge électrique habituelle des métaux que nous avons fait connaître plus haut, modifie les obstacles que le fluidé galvanique éprouve en les traversant, mais encore que ces obstacles sont augmentés ou diminués par les évaporations qui se font à la surface des métaux humides. Il est à croire que si la rupture de l'équilibre se fait plus tard, et conséquemment avec plus de force dans la chaîne *Nerf* P H *p* P, que dans celle *Nerf* P *p* P, ce n'est pas par la raison que dans la première, H diminue l'attraction entre *p* et P, mais parce que l'enduit humide du métal hétérogène *p* occasionne une électricité opposée à celle des armatures P et P.

La décomposition de la lymphe animale peut, en agissant sur les corps conducteurs sans évaporation, influer sensiblement sur la rupture de l'équilibre du fluide galvanique. Il est sans doute frappant que les substances qui ont la plus grande attraction pour l'oxygène, et qui décomposent en conséquence tous les fluides qui en contiennent, tels sont les métaux et les subs-

tances charbonneuses, sont celles qui tiennent le premier rang parmi les excitateurs. Quelques physiciens ont cru trouver dans cette circonstance la solution du problême galvanique. *Fabroni*, à Florence, s'exprime de la manière suivante, dans une lettre adressée à *Crell* *: « Je « me suis assuré que les phénomènes du galva- « nisme ne dépendent que d'une action chimi- « que des métaux, par laquelle ils décomposent « alternativement la substance humide et la lym- « phe animale. » *Creve* a manifesté une opinion semblable dans le 14.e n.o du Journal des découvertes en médecine **. Il croit avoir découvert la nature de l'irritation métallique, et prétend « qu'au moyen de deux métaux, ou au moyen « d'un métal et d'un morceau de charbon, l'eau « qui entoure le nerf ou le muscle, est, en par- « tie, décomposée; que l'oxygène attiré par les « métaux et le carbone se sépare de l'hydrogène, « que cette décomposition n'a lieu d'abord que « dans la portion d'eau qui est en contact im- « médiat avec les métaux, mais qu'elle s'étend « ensuite au-delà ». *Creve* assure que la chimie, la physiologie et la médecine pratique tireront

---

* Crell's chemisches annales, 1795, pag. 503.

** Med. chirurg. Zeutung. Salzb. 1796, n.o 1.

le plus grand avantage de cette découverte sur la nature de l'irritation métallique. Il espère même que son influence s'étendra sur les différentes branches des mathématiques et de la physique. Quel avantage l'hydraulique ne doit-elle pas en tirer, si l'on considère les effets des tuyaux de métal sur l'eau? *Creve* a depuis annoncé, dans la Gazette de médecine et de chirurgie * : « Qu'il ne croyait plus que l'oxygène « seul pût affecter les fibres nerveuses vivantes; « il ne doute pas que dans les expériences gal- « vaniques le fluide électrique ne soit *mis* en « mouvement ; mais il ajoute, qu'en appliquant « les métaux aux parties animales, on donne « lieu à un procédé chimique au moyen duquel « l'eau est décomposée ; que l'oxygène s'unit au « métal, et le calorique à l'hydrogène, et qu'il « se forme, par la réunion de ces derniers, « une substance électrique qui est la cause la « plus prochaine de l'irritation métallique. *Gar-* « *dini* a démontré que le feu électrique est com- « posé d'hydrogène et de calorique ».

Je suis étonné que *Creve* ait cru trouver, dans ces idées, la solution du problème. Je lui accorderai, ce que je ne crois cependant pas démon-

* Med. chirurg. Zeutung, 1797, 18.e cahier, pag. 324.

tré, comme le pensent *Fourcroy*, *Van Marum*, *Volta*, *Lichterberg*, *Cavendish* et plusieurs autres grands physiciens, que le fluide électrique est un hydrogène très-tenu; qu'un métal a la propriété de décomposer l'eau subitement à toutes les températures; qu'il y a véritablement de l'eau à l'endroit du nerf qui est mis en contact avec l'armature. Mais même avec toutes ces suppositions je ne puis me rendre raison de l'expérience galvanique la plus simple, c'est-à-dire, de celle qui se fait sans métaux et sans charbons, en employant seulement des conducteurs de substance animale. On coupe une portion du nerf crural d'une grenouille très-excitable; on place cette portion de nerf, à l'aide d'un tube de verre, entre un nerf et le muscle auquel il se distribue, et on aperçoit aussitôt les contractions les plus violentes. Cette observation ne m'appartient pas, elle a été faite par plusieurs autres physiciens, par *Galvani*, par *Volta* et par *Aldini*. Quelle est donc la substance qui décompose l'eau dans cette expérience? Et, en supposant qu'une portion coupée du nerf ait la propriété de la décomposer, comment pourrait-on imaginer qu'un atome d'hydrogène dégagé d'une quantité extrêmement petite d'électricité fût capable de provoquer des contractions musculaires, tandis

que la quantité bien plus considérable d'électricité artificielle qu'on obtient, par exemple, en frottant un bâton de cire d'Espagne, ou un tube de verre, portée dans les organes, n'y occasionne pas le plus petit indice de contraction.

Mais quelque peu probable qu'il soit, que l'hydrogène subitement dégagé, soit la cause du galvanisme, la supposition que le contact des métaux avec plusieurs fluides occasionne un changement chimique qui peut modifier la rupture de l'équilibre galvanique, n'est pas sans fondement; quoique cette circonstance *ne soit pas* la cause principale des phénomènes, elle peut cependant y jouer un grand rôle, la plus légère oxydation des conducteurs diminuant leur propriété conductrice, comme nous l'avons fait voir dans le chapitre IV.

En supposant qu'il se fait une décomposition d'eau dans l'expérience avec l'haleine,

Nerf P H *p* P.

cette décomposition peut agir de trois manières différentes. Les métaux P et *p* peuvent opposer, par l'effet d'une oxydation légère, de nouveaux obstacles au passage du fluide galvanique; ou leur propriété conductrice peut être diminuée par le refroidissement subit, qui est la suite de l'évaporation et de la décomposition de l'eau;

ou bien l'hydrogène, l'azote, le carbone dégagés par la décomposition de l'eau, de l'ammoniaque ou de l'alcohol, peuvent se combiner avec le fluide galvanique, pour lequel ils paroissent avoir quelqu'affinité, et nuire ainsi à son passage, ou le faciliter. L'échauffement, le refroidissement d'un métal suffit pour exciter l'électricité, sans la coopération des substances humides, comme *Vassali* l'a observé *. Dans des expériences aussi délicates, il faut bien se garder de négliger des circonstances qui sont, en apparence, peu importantes.

Il y a des expériences qui paraissent indiquer des rapports entre l'électricité et l'eau, entre l'électricité et l'air vital. *Cuthberson* a observé ** qu'une bouteille de Leyde est plus chargée lorsqu'on couvre d'une vapeur aqueuse la partie qui n'est pas revêtue; l'air atmosphérique électrisé positivement devient, selon *Read*, électrisé négativement *** lorsqu'il est privé de son oxygène

* Crell, annales de chimie, 1795, pag. 518.

** Cuthberson, algemene Ergenschapen Van-der-Electrizitat, Amsterdam, 1782. 94. — Goettinger, Taschenbuch, 1796.

*** Read, Transactions phil. année 1794. Tom. II, pag. 266.

par la respiration des animaux, ou par la putréfaction. Ces observations sur lesquelles nous manquons encore d'expériences suffisantes, auraient-elles quelque rapport avec mon expérience avec l'haleine ?

Lorsque notre esprit est embarrassé pour expliquer des phénomènes énigmatiques, il a recours aux analogies, même les plus éloignées, dans l'espoir d'en tirer quelque lumière. C'est ainsi que les procédés des magnétiseurs, les recherches d'eau et de mines de charbon de l'homme de *Thouvenel*, le mouvement d'une épée nue sur le bout des doigts, ceux d'une pyrite suspendue par un fil de lin au dessus d'un plateau de métal, sont devenus l'objet de réflexions sérieuses, depuis que les connaissances galvaniques nous sont venues d'Italie; et ce qu'on appelait autrefois l'art de la baguette divinatoire, est décoré aujourd'hui du nom plus recommandable d'électrométrie souterraine.

Je suis bien éloigné de vouloir détourner ceux qui pourront s'occuper de spéculations sur de tels objets dont l'existence est aussi difficile à combattre qu'à démontrer ; mais je desire qu'on fasse des expériences sans partialité et sans prévention, qu'on les varie autant qu'on le pourra, et qu'on observe toutes les circonstances acces-

soires. Il est certain que la plus petite portion d'une substance, agit à une grande distance sur d'autres substances ; qu'un flambeau allumé change la température de l'atmosphère qui l'environne, que de l'eau qui coule à une grande profondeur, modifie, par une légère émanation, la nature de la couche d'air qui est au dessus d'elle. Mais toutes ces modifications sont-elles assez marquées pour être aperçues par les organes de l'homme? c'est ce que nous ne pouvons décider, parce qu'on ne connaît pas le plus haut degré d'excitabilité des organes. Ce qu'on a rapporté de l'homme merveilleux de *Thouvenel*, qui était en même temps un hydroscope, un anthracoscope et un métalloscope vivant, est fait, lorsqu'on l'examine attentivement, pour exciter l'étonnement *. Quand on considère que *Pennet* a fait des expériences sous les yeux de *Gazola*,

* Résumé sur les expériences d'électrométrie souterraine, faites en Italie et dans les Alpes, depuis 1789 jusqu'en 1792. Brescia, 1793. — Esperienze esequita da Pennet in Verona nel mese di giuglio 1793, por D. Ramazzini. — Lettera del S.e abbate Spalanzani sugli sperimenti facti in Firenze, 1791. — Lèttera al abbate Alberto Fortis sugli sperimenti di Pennet nel regno di Napoli, nella Romagna, etc., sullo strato veneto.

de *Nicolo de Rio*, d'*Olivi*, de *Chioggia*, des professeurs *Toaldo*, *Gallini* et *Mardruzzo*, on aurait de la peine à croire, indépendamment de la confiance que méritent les qualités personnelles de *Thouvenel*, que toutes ces expériences ne soient que l'effet d'une friponnerie raffinée, ou seulement du hasard. *Fortis* s'est exprimé à ce sujet d'une manière très-juste, dans sa lettre à *Spallanzani.*

Je reviens à des expériences dont les résultats sont moins douteux, et qui paraissent avoir un rapport plus direct avec le galvanisme. En fixant notre attention sur la composition de la chaîne galvanique, nous voyons que le contact des métaux hétérogènes y joue un rôle très-important. Je pensais que ce contact ne produisait, peut-être, point d'autre effet que d'arrêter le cours du fluide galvanique, et d'occasionner ainsi une accumulation, ou bien qu'il produisait un changement dans les substances inorganiques. Un ami, dont la sagacité m'a été autrefois d'un grand secours, le docteur *Asch*, m'a fourni la solution de cette question. « Mon attention, m'écrivit-il d'Oxford, est fixée, depuis quelque temps, sur les « métaux. Je desirais de découvrir les changements qui s'opèrent tant par le contact des « métaux hétérogènes que par celui des métaux

« homogènes. Il me paraît très-vraisemblable, « d'après plusieurs expériences, qu'il se fait un « changement de combinaison chimique dans « les métaux les plus efficaces pendant les ex- « périences galvaniques. Si l'on pose deux pla- « ques de zinc, humectées d'eau, l'une sur l'au- « tre, de manière que le contact ait lieu entre « elles par le plus de points qu'il est possible, on « n'obtient que très-peu d'effet, surtout si elles « sont parfaitement homogènes. Si l'on met de « même en contact du zinc et de l'argent, on « remarque bientôt un effet très-fort. Le zinc « paraît éprouver une légère oxydation, et toute « la surface de la plaque d'argent humectée se « couvre d'une poussière blanche très-fine. Le « plomb et le mercure, le fer et le cuivre agis- « sent égalent fort l'un sur l'autre. »

Cette découverte, dont je dois la connaissance au docteur *Asch*, est, à tous égards, très-remarquable. La décomposition de l'eau par le zinc avait déja été observée par *Lassone* *. Il versa dans un flacon de l'eau distillée sur de la limaille de zinc, nouvellement préparée; il en

---

* Lassone, dans les Mémoires de l'académie des sciences, année 1790, pag. 380.

remplit presqu'entièrement le flacon, il le boucha bien, et il vit se former aussitôt de l'oxyde de zinc, et se dégager une grande quantité de bulles; mais *Lassone* ne se doutait pas de l'influence que le contact de deux métaux hétérogènes avait sur son expérience. Je m'occupe de multiplier les expériences du docteur *Asch*, et j'ai obtenu, jusqu'à présent, les résultats suivants.

En plaçant une plaque de zinc humectée, sur une assiette d'argent, on observe, au bout de quatre ou cinq heures, l'eau étant à 12° du *th.* de *Réaumur*, des indices très-sensibles de sa décomposition. On voit se former, autour de la plaque de zinc, un bord d'oxyde de zinc, qui se prolonge tout-à-fait parallèlement au contour du métal. Le métal est-il un peu inégal, présente-t-il, d'un côté, des saillies ou un peu plus de largeur, la couche d'oxyde suit exactement les mêmes formes. Il paraît d'après cela, que le premier oxyde formé est, pour ainsi dire, poussé insensiblement par celui qui se forme après lui. J'ai vu, pendant cette oxydation, des bulles s'élever de temps en temps. On peut croire, par analogie avec d'autres phénomènes, que ces bulles sont du gaz hydrogène qui se dégage de l'eau décomposée. La quantité de ce

gaz, que j'ai recueilli dans des tubes de verre, a été jusqu'ici trop petite pour être soumise à des expériences décisives. L'azote, uni à très-peu d'oxygène qui remplit les interstices des molécules de l'eau, se mêle facilement avec l'hydrogène, et la chimie ne fournit pas encore de moyens de séparer l'azote de l'hydrogène (129). Quand j'employais de l'eau commune dans mes expériences, je remarquais, comme le docteur *Asch*, que l'oxyde de zinc faisait une effervescence légère avec l'acide muriatique. En me servant d'eau distillée, je n'observais, au commencement, aucun indice d'effervescence ; elle ne devenait sensible que quand j'employais celle qui avait été exposée à l'air pendant plusieurs jours. Il paraît donc que l'oxyde de zinc attire, ainsi que l'oxyde de plomb, de l'acide carbonique de l'eau et de l'air.

Pour avoir des expériences comparatives sur les effets du contact des métaux, je ne posai point du zinc sur du zinc, mais du zinc sur du verre humecté. Les phénomènes précédemment décrits eurent encore lieu, seulement un peu plus lentement et plus faiblement : au bout de vingt heures, la quantité d'oxyde de zinc formée sur le verre, était à celle de l'oxyde de zinc qui s'était formée sur l'argent, comme 1 : 3.

Mais ces phénomènes ont-ils quelque chose de commun avec le galvanisme ? peuvent-ils conduire à l'idée d'une puissance particulière, mise en jeu par le contact de deux métaux hétérogènes ? Il est impossible de répondre à cette question, parce qu'on n'a encore que des faits isolés, qui sont, comme dit *Pictet*, de ces pierres d'attente que les physiciens posent çà et là, et qui doivent trouver un jour leur place. Il est à croire non-seulement que la décomposition de l'eau oxyde le métal, mais encore que la température de ce métal modifie sa charge électrique : toutes les fois que la cohésion des substances est changée et qu'elles se condensent ou se raréfient, il y a de l'électricité fixée ou dégagée. D'après cela, si la grande quantité d'oxyde de zinc formé sur l'argent, dépend de la quantité d'électricité qui est mise en mouvement, cette expérience a, sans doute, quelque rapport avec le galvanisme. Une cause qui agit très-puissamment dans la décomposition de l'eau, pourrait aussi modifier le passage du fluide galvanique et la nature des conducteurs humides.

Mais tant qu'il est possible d'expliquer les phénomènes par des causes dépendantes de forces connues, il ne faut pas recourir à des causes inconnues. Cette expérience remarquable

elle pas due à une attraction composée? L'argent annonce à toutes les températures une certaine attraction pour l'oxygène. Si une couche d'eau très-mince se trouve entre une plaque de zinc et une plaque d'argent, les deux métaux agiront ensemble pour la décomposer. On connaît, dans la chimie expérimentale, beaucoup de faits qui prouvent que deux substances hétérogènes décomposent plus aisément une troisième, qu'une de ces substances ne le ferait séparément. Il n'est donc pas étonnant que du zinc posé sur du zinc, ou du zinc posé sur du verre, décompose une moindre quantité d'eau que des métaux hétérogènes mis en contact. L'argent influe sur l'oxydation du zinc, et ce dernier influe sur l'oxydation de l'argent. Non-seulement celui-ci présente des couleurs très-variées à sa surface; mais on enlève, en le grattant, un véritable oxyde. Ce qu'il y a d'étonnant dans cette expérience, c'est que l'oxydation de l'argent n'a pas lieu sous l'oxyde de zinc, mais seulement sous les endroits de ce métal qui ne sont point oxydés. C'est *Godeking* qui m'a fait observer ce fait.

Ayant remarqué que le zinc est un excitateur galvanique plus fort que les autres métaux, plusieurs physiciens ont fait des recherches compara-

tives sur ce métal et sur d'autres, aucun des résultats de ces recherches ne me paraît plus remarquable que la propriété médicamenteuse du zinc dans les maladies de nerfs. On sait que le célèbre *Gaubius* * fit l'acquisition d'un médicament secret connu sous le nom de *Lune fixée*, que lui vendit un charlatan d'Amsterdam nommé *Ludemann*. Ce médicament n'a pas encore perdu sa réputation, quoique plusieurs grands médecins l'aient employé sans en obtenir d'effet bien marqué (130). Il n'est pas nécessaire d'observer ici que d'autres métaux, tels que l'arsenic et le mercure, qui ne sont pas très-efficaces dans les expériences galvaniques, agissent cependant sur les fibres animales avec bien plus de force que le zinc. La seule considération que le graphit et le platine sont des excitateurs presque aussi forts que le zinc et l'argent, écarte toute idée relative à l'existence d'un rapport entre la propriété médicamenteuse du zinc dans les maladies nerveuses et sa qualité de conducteur galvanique.

Le fluide galvanique de certains animaux diffère-t-il essentiellement de celui d'autres ani-

* Brunnemann, de præcip. Zinci calcibus. Lipsiæ, 1791., pag. 24.

maux? Il ne faut pas ranger cette question avec celles que l'on a élevées sur la vîtesse du fluide nerveux, et sur le diamètre des prétendus globules de la substance médullaire des nerfs. Qu'on se rappelle les expériences décrites dans le chapitre VII. Un fil de fer qui servait à établir communication entre des parties de mon dos où la peau était mise à nu et munie d'armatures, produisit une irritation très-sensible dans l'organe du goût sur plusieurs personnes qui assistaient à mes expériences. Il n'y eut jamais d'irritation de cette espèce lorsqu'on répéta le même essai avec des cuisses de grenouilles. Cette différence ne dépendrait-elle pas de ce que les organes de l'homme sont plus aisément affectés par un fluide émané d'un animal à sang chaud, que par celui qui émane d'un animal à sang froid? Ne doit-on pas imaginer que de même que tous les fluides du corps vivant, diffèrent selon les espèces d'animaux, le fluide très-tenu, accumulé dans les nerfs et dans les muscles, peut aussi différer non-seulement dans les diverses espèces, mais encore selon le sexe, l'âge et le genre de vie des individus? Si les effets que le fluide galvanique produit sur les substances conductrices et inanimées de la chaîne, en les traversant, n'échappaient pas à nos observations, nous

aurions des moyens de découvrir ces différences; mais, malheureusement, il ne produit, en circulant, des changements sensibles que sur nos organes, qui sont des instruments trop délicats, pour qu'on puisse compter sur les résultats qu'ils présentent: la force de l'irritation qu'ils éprouvent ne dépend pas seulement de la force du stimulant, mais encore du degré de l'excitabilité.

Peut-on considérer le fluide galvanique comme un gaz très-tenu? Avant de répondre à cette question, il faut convenir de la signification du mot gaz. Si l'on fait consister l'état gazeux dans l'expansion occasionnée par le calorique, les rayons solaires, en considérant avec *Leonhardi* le calorique comme le fluide déférant de la base de la lumière, et le fluide électrique en s'en rapportant aux dernières expériences de *Van Marum*, doivent être regardées comme des espèces de gaz. Mais si l'on réfléchit à la différence qu'il y a entre des fluides qui peuvent être recueillis et pesés, et des corps incoercibles et inpondérables, celle qui distingue l'électricité, la lumière solaire, le magnétisme, des gaz proprement dits, devient très-frappante. Le fluide magnétique traverse toutes les substances, quelque solides qu'elles soient; il en est de même du calorique et de l'électricité. Quoi-

que cette dernière ne soit pas transmise par le verre, elle agit cependant à travers cette substance, en excitant de l'autre côté une électricité opposée.

L'incoërcibilité de ces corps est la cause de l'imperfection des expériences qu'on a faites sur elles ; on est forcé de les tenter dans l'atmosphère où il afflue une quantité de substances qu'il faudrait pouvoir écarter. Mais nous pouvons heureusement recueillir l'hydrogène, l'oxygène et l'azote dans des vases de verre pour les analyser. Les expériences prouvent indubitablement que les bases des gaz hydrogène, oxygène et azote, ne sont pas entraînées à travers le verre, comme le calorique et la lumière. Les expériences qui ont été développées dans le chapitre VII, fig. 62, prouvent que le fluide galvanique ne ressemble nullement aux gaz ; mais qu'il est comparable aux substances plus pénétrantes, plus ténues et non coercibles (131). Si on sépare les atmosphères irritantes et sensibles des nerfs avec une lame d'étain très-mince, le fluide galvanique n'en passe pas moins, sans obstacles, dans le muscle. Si on tient les extrémités des nerfs suspendues en l'air, à l'aide de tubes de verre, la communication peut être interrompue par l'interposition d'une lame de verre.

Ces faits mettent hors de doute, qu'on ne doit point considérer la ligature d'un nerf comme celle d'un vaisseau sanguin. Il faudrait que le fluide, circulant dans le systême sensible, fût moins tenu qu'il n'est, pour qu'une ligature, *qui* n'agit ordinairement que sur la surface, pût en arrêter le cours. Mais, en considérant le fluide galvanique comme obéissant simplement à certains conducteurs, l'effet que la ligature produit sur lui n'en est pas moins énigmatique, elle n'intercepte point l'action conductrice, et elle n'est pas isolante. J'avoue que ce phénomène me paraît le plus difficile à expliquer de tous les phénomènes physiologiques. Un nerf lié peut être irrité efficacement, même au-delà de la ligature, lorsque la partie du nerf comprise entre elle et le muscle, n'est point enveloppée d'une substance conductrice; ce n'est que lorsque cette partie est ainsi enveloppée, que la ligature empêche l'irritation, mais elle le fait d'une manière si prompte, que cet empêchement ne peut s'expliquer par l'abduction du fluide. Je ne hasarderai aucune conjecture sur la solution de ce problême.

Il n'est pas nécessaire que la substance accumulée dans le nerf, qui, en passant dans les fibres musculaires, y occasionne un changement de combinaison chimique d'où résulte le rap-

prochement des parties soit sécernée uniquement dans le cerveau, et dans les nerfs que l'on considère comme des prolongements de cet organe: il me paraît au contraire très-vraisemblable que le fluide galvanique se trouve dans toutes les parties du corps animal; qu'il est composé, comme le lait, le sang et la matière électrique, d'éléments qui jouent séparément un rôle important dans les êtres inorganisés. Les expériences, fig. 37, 62, 63, 65, nous apprennent que toutes les substances animales, les muscles ainsi que les nerfs, peuvent agir avec certaines conditions, à quelque distance *. Cet effet ne peut se concevoir que de deux manières: ou une substance extrêmement tenue forme la sphère active dont j'ai fixé l'étendue depuis une ligne jusqu'à $\frac{1}{4}$ de ligne, ou les éléments de la matière animale manifestent leur effet à cette distance **. Certains phénomènes nous portent à adopter, d'après des analogies, la première opinion. Non-seulement ces masses énormes qui forment les corps célestes sont environnées d'atmosphères particulières, mais toutes les substances

* Reil, *exercitationum anatomicarum fascicul.* I, p. 28.

** Kant, metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenchaft, pag. 62.

terrestres interceptent les rayons de lumière qui se trouvent à leur proximité, et en occasionnent la réfraction: or, d'après les recherches de *Mairan* et de *Du Toures*, ces effets paraissent attester que ces corps sont environnés d'atmosphères. Les globes de vapeur des nuages, sur lesquels nous devons des observations très-ingénieuses à *Saussure* et *Vizenenstin*, roulent sur la surface des liquides sans les toucher. La substance inconnue qu'ils contiennent, qui peut être de l'électricité ou du gaz hydrogène, leur fournit aussi probablement une atmosphère. Tous les corps terrestres forment, en vertu d'une force * particulière, une couche d'air condensé autour d'eux-mêmes. La répulsion électrique est aussi due à l'accumulation de l'électricité autour des corps qui en sont chargés. *Mayer* a démontré dans son Traité sur la force répulsive **, que toute substance est environnée d'une atmosphère de calorique. Je ne saurais terminer ce chapitre sans ajouter quelques idées que ce savant mathématicien a consignées dans une lettre qu'il m'a écrite. « Ne se peut-il pas, dit-il, que tous

---

* Langsdorff, abhandlung über die Würmlehre. 1796, pag. 72.

** Gren's Journal der Physik, 7. B. pag. 211.

« les corps de la nature soient environnés d'une « atmosphère particulière, que les muscles, les « nerfs et les métaux aient des atmosphères com- « posées de substances extrêmement tenues et « peut-être inconnues ; or, que doit-il arriver « lorsque ces substances se rencontrant, se dé- « composent réciproquement ? Des atmosphères « analogues entretiennent peut-être un repos « parfait. Je n'oserais faire l'application de cette « conjecture aux animaux, et dire qu'ils sont « susceptibles d'être excités par l'approche de tel « ou tel corps. Les atmosphères de calorique « contiennent d'ailleurs beaucoup de matières « différentes, et l'odeur particulière des métaux « paraît attester qu'ils sont environnés de subs- « tances très-ténues. Peut-être un grand nombre « des effets de la nature dépendent-ils de sem- « blables substances qui se trouvent repandues « autour de tous les corps, et que la foiblesse de « nos organes ne nous permet pas de distin- « guer. Les animaux jouissent à cet égard de « certains avantages que nous n'avons pas. « *Lichtenberg* a dit qu'on pourrait, peut-être, « parvenir à dresser un chien, de manière à ce « qu'il indiquât, par l'odorat, l'oxygène et l'hy- « drogène. »

FIN.

NOTES.

(1) page 4.

Il y a des expériences, comme celles où il faut peser des gaz et faire certaines compositions chimiques, qui exigent une grande délicatesse, une propreté et une exactitude toutes particulières, et surtout une chambre commode et tranquille; mais on peut faire partout des expériences très-exactes sur beaucoup d'objets de physique, de météorologie et de physiolosie, sans un grand appareil. Il m'a paru important de fixer l'attention des jeunes gens sur ce point, pour les engager à s'accoutumer de bonne heure à l'activité et à la dextérité. Combien n'y a-t-il pas de phénomènes du monde physique négligés, parce que la plupart des voyageurs n'observent que les objets qu'ils peuvent emporter avec eux, et qu'ils ne se livrent aux expériences, qu'autant qu'ils peuvent les faire avec facilité et dans un laboratoire! Je sais bien que le conseil que je donne de faire beaucoup d'expériences avec promptitude, ne peut être approuvé que de ceux qui savent que *lentement* et *profondément* ne sont pas synonymes.

(2) *ibid.*

Aphorismi de doctrinâ physiologiæ chemicæ plantarum. — A la fin de la *Flora fribergensis : Specimen plantas cryptogamicas præsertim subterraneas exhibens. Berolini* 1793, tom. 4. Ces aphorismes sont traduits en allemand, par *Fischer*, avec des notes d'*Hedwig* et de *Ludwig*. Leipzig, 1794. — On en trouve aussi l'extrait dans le Dictionnaire de physique de *Gehler*, vol. 5, pag. 692.

(3) page 4.

On ne s'est que très-peu occupé de ces sciences. On trouve quelques aperçus sur cet objet dans *Reil's* archiv. für die physiologie, vol. 1. — *J. Hunter* a aussi fait quelques essais tendant à présenter, d'après des vues physiologiques, les plantes et les animaux.

(4) page 14.

Haller avait déja dit, probablement d'après *Mayow* : « Un principe plus tenu pénètre-t-il de l'air dans le « sang, pour le colorer en rouge, comme la lumière « colore les plantes; ou le poumon sert-il à absorber de « l'air un esprit nitro-aérien *(spirit. nitro-aereus)* ? Sa « belle couleur rouge vient-elle de là ? » Physiologie de *Haller*.

(5) page 18.

L'expérience de *Kuhn* est cependant un peu douteuse : il serait à desirer que *Hindenburg* la répétât avec son excellent condensateur. Peut-être l'électricité qu'il a observée n'était-elle point l'agent principal dans cette expérience; peut-être ne se développait-elle des grenouilles, qu'à l'occasion d'un mouvement très-fort des muscles; ou bien elle était peut-être absorbée par l'instrument. On a souvent observé des phénomènes électriques à l'occasion du mouvement des muscles. On sait que le visigoth Théodoric étincelait en marchant.

(6) page 21.

Quoique toutes les expériences galvaniques puissent être décrites, il y en a cependant plusieurs qui sont

tellement compliquées, que des dessins en facilitent beaucoup l'intelligence. C'est pourquoi j'ai cherché à exprimer les faits principaux par des figures, mais elles consistent en de simples contours, pour qu'elles ne soient pas surchargées de choses accessoires et inutiles, défaut que l'on peut reprocher à *Aldini.*

(7) page 22.

Ceux qui ont disséqué beaucoup de grenouilles, ou qui ont appris à distinguer leur sexe par l'état de leurs pattes pendant leurs amours, se seront convaincus que les grenouilles femelles sont infiniment plus irritables que les mâles. Cette différence s'observe mieux dans la grenouille ordinaire, *Rana esculenta*, que dans la *Rana temporaria.* Il serait en général très-intéressant de poursuivre des recherches sur les différences physiologiques que l'on observe dans les deux sexes, et de ne pas se contenter, comme on le fait ordinairement en histoire naturelle, de la simple configuration de certaines parties. Et même les plantes dont les sexes sont séparés, comme quelques espèces de *salix*, de *populus*, de *juniperus*, de *ruscus*, de *brucea*, de *schinus*, pourraient présenter des choses intéressantes à cet égard. Il serait bon de consulter sur cette matière, un mémoire de mon frère aîné, inséré dans le Journal allemand publié par *Schiller*, intitulé *die horen*, vol. 1, cahier 1, 2, 3 et 4.

(8) page 23.

Debilitas indirecta, expression que *Weickhard* rend inexactement par le mot *faiblesse*; elle a lieu, lorsqu'il y a sur-irritation des organes. Les deux espèces de fai-

blesse sont très-différentes, quant à la cause qui les produit : quoique j'aie employé en plusieurs endroits les termes techniques de *Brown*, je n'admets pas dans tous les points, son système.

(9) page 29.

On est étonné de voir combien *Volta* lui-même était autrefois opposé à l'opinion qui a été adoptée pour expliquer le mouvement des muscles. « Si le fluide élec-« trique, dit-il, est, selon la théorie de *Galvani*, ré-« pandu inégalement dans le corps d'un animal, dont « les cuisses sont suspendues dans un verre rempli « d'eau, et dont le reste du corps est plongé avec la « moelle épinière dans un autre verre, et si, en unissant « ces deux parties par le moyen d'un arc métallique, il « en résulte les contractions musculaires les plus vio-« lentes qu'on regarde comme l'effet du rétablissement « de l'équilibre du fluide électrique, je demande pour-« quoi les mêmes mouvements n'ont pas lieu, et pour-« quoi la grenouille reste parfaitement tranquille lors-« qu'on se sert de deux doigts au lieu du conducteur « métallique, ou bien lorsqu'on plonge une main dans « chacun des verres? » V. *Gren's* Journal, vol. 2, pag. 164.

(10) page 30.

Comme il ne s'agit pas ici de donner la névrologie de la grenouille, j'observe que j'appelle, avec tous les auteurs qui ont écrit sur le galvanisme, *nerf crural*, le grand nerf qui se trouve au côté interne de la cuisse de la grenouille, quoiqu'il soit douteux qu'il mérite ce nom, parce qu'il semble être un prolongement du nerf sciatique. Les termes techniques, reçus dans l'anatomie,

ne sont pas toujours admissibles dans la zoologie. Il est certain que le grand nerf dont nous parlons prend naissance à la partie inférieure du bassin, et qu'il descend jusqu'au genou, sans donner de ramifications; au-delà du genou, il se divise en plusieurs branches.

(11) page 40.

J'ai divisé ce chapitre en deux parties qui traitent des contractions produites

A, par des métaux homogènes.

a, sans chaîne.

b, avec chaîne.

B, par des métaux hétérogènes.

Dans cette dernière subdivision, je n'emploie pas l'expression, *sans chaîne*, qui se trouve dans la première; j'aurais été exposé à des répétitions.

(12) page 46.

Aldini dit: *Galvaniano enim commentario perspicuum est, quod nos quoque sæpè experti sumus, ranæ musculos nervosque in vasis duobus aquâ plenis demersos, admoto metallico arco indubiis cieri contractionibus. En muscularis contractio, arcu uno metallo comparata. Aldini,* de animali Electricitate dissertationes duæ, 1795.

(13) page 52.

Voici les propres expressions de *Volta:* « Je suis » obligé de faire quelques observations sur les expé- » riences avec le mercure sur lesquelles *Aldini* paraît » compter beaucoup, persuadé que ce métal pur est » exempt de substances étrangères. *Aldini* a invité les

« chimistes les plus exacts à rechercher, par tous les « moyens que leur art leur fournit, dans le mercure « purifié par la distillation, s'il y a quelque différence « entre ses molécules. Je lui répondrai qu'un chimiste « exact apercevra sans doute cette différence; elle est « même très-grande entre la surface et l'intérieur. On « sait que la première éprouve une espèce de calci- « nation, surtout lorsqu'on secoue le mercure. Il n'est « par conséquent pas étonnant que l'on observe des con- « tractions musculaires, lorsque les cuisses d'une gre- « nouille touchent la surface du mercure, tandis qu'une « portion de la moelle épinière est plongée plus profon- « dément dans le métal. Le mercure qu'*Aldini* regarde « comme le moyen le plus sûr, l'est donc moins que « deux morceaux pris d'une même lame de plomb. Mais « je pourrais opposer encore une objection contre les « expériences d'*Aldini*, en faisant attention aux diffé- « rentes conditions du galvanisme. Des armatures d'un « même métal, aussi semblables qu'il est possible, doi- « vent encore être appliquées d'une manière absolument « uniforme, si nous voulons déterminer exactement leur « efficacité sur les nerfs et sur les muscles. Si dans les « expériences qu'on m'oppose, les conditions dont je « parle n'ont point été remplies, il a pu arriver qu'un des « morceaux de métal l'ait emporté sur l'autre à raison « de la manière dont il était appliqué, quand même les « deux morceaux auraient été parfaitement semblables. « Dans tout le reste, il faut surtout éviter toute espèce « de choc qui communiquerait à un plus haut degré au « métal la faculté de mettre en mouvement le fluide « électrique. » V. *Gren's* journal vol. 2, pag. 159, note.

(14) page 53.

Il est à observer que dans cette expérience, il est nécessaire que la cuisse de la grenouille soit exactement nettoyée de sang, pour qu'il n'en tombe aucunement sur le métal.

(15) page 56.

Cette expérience pourrait faire soupçonner que dans celle fig. 9, une secousse produite en *m*, a véritablement établi une chaîne entre un point du nerf et un autre point; mais l'irritation n'était pas l'effet d'une telle secousse, car l'expérience ne réussissait jamais lorsqu'on substituait à *n*, fig. 10, des os, des pierres, ou d'autres substances non excitantes.

(16) page 62.

L'observation faite par *Galvani*, peu de jours après sa découverte, a beaucoup de rapport à ceci : il tenait l'animal préparé d'une main, de manière que ses pattes touchaient un petit bassin d'argent, il posa par hasard la main sur le vase que les cuisses touchaient ; aussitôt les contractions les plus violentes eurent lieu, et elles se renouvellèrent toutes les fois qu'il rétablit le même contact. *Gren's* journal vol. 6, pag. 378.

(17) pag. 67.

Cette sorte de contact est absolument nécessaire; la manière dont *Crève* met le métal en contact, est donc mal décrite dans le journal de *Gren*, vol. 3, pag. 323.

(18) *ibid.*

Ce physicien, dont le talent et le génie ont été souvent méconnus, a toute l'habileté de *Priestley*, pour

l'invention des expériences; c'est lui qui a préparé les régules les plus purs qu'on ait employés aux expériences galvaniques. C'est de lui qu'on doit attendre des expériences comparatives exactes sur la propriété excitante des métaux. Il a déja présenté à l'académie de Berlin, plusieurs mémoires sur cet objet intéressant.

(19) page 72.

Je fis cette observation pour la première fois au mois de germinal an 4; j'en fus tellement surpris, que je la communiquai aussitôt après à *Sœmmering*, à *Blumenbach*, à *Herz* et à *Goethe*. Je ne trouvais, dans les ouvrages publiés jusqu'ici sur le galvanisme, aucune expérience qui eût le moindre rapport avec ma découverte. Mais quand l'ouvrage de *Pfaff* sur l'électricité animale parut, j'y rencontrai des expériences très-analogues aux miennes : à la vérité, il n'y est pas question des effets de l'haleine, ni d'aucune autre substance en vapeurs; et ce savant auteur a fait toutes ses observations à l'aide d'armatures unies au nerf, à l'aide de petits morceaux d'éponges. Qu'on me permette, pour dissiper toute incertitude, de rapporter les quatre passages suivants de l'ouvrage de *Pfaff*.

Pag. 17. Le zinc a agi comme duplicateur, étant simplement posé sur une armature d'étain, et touché avec un doigt humide, tandis qu'un excitateur d'argent tenu de l'autre main, était en contact avec l'armature du muscle, c'est-à-dire, avec l'étain.

Pag. 174. Comme je n'observais point de contractions lorsqu'une armature d'or d'un muscle était unie au moyen d'étain, avec l'armature du nerf qui était aussi d'or, j'essayai d'unir l'étain avec l'or qui

servait d'armature au muscle, au moyen d'un petit morceau d'éponge, et aussitôt les contractions les plus violentes eurent lieu.

Pag. 368. Lorsqu'une armature de zinc d'un nerf est unie avec celle du muscle qui est également de zinc, au moyen d'argent, et qu'il ne s'ensuit aucune contraction, on en produit à l'instant, en interposant un morceau d'éponge mouillée entre l'armature du nerf et le second métal, c'est-à-dire, entre le zinc et l'argent, et en touchant avec l'argent le zinc qui sert d'armature aux muscles.

Pag. 369. L'humidité réveille promptement l'action électrique.

(20) page 77.

La fig. 36 représente parfaitement cette expérience: il n'est pas nécessaire d'observer que des trois communicateurs qui y sont représentés, on n'en a jamais employé que deux à la fois; de même que dans les expériences, fig. 8, 29, 35.

(21) page 90.

Je reviens ici à une expérience très-importante faite par mon frère aîné, qui contribuera à répandre beaucoup de jour sur cette matière. Une grenouille dont les viscères abdominaux avaient été séparés, étant fixée sur une petite planche, et les nerfs qui se portent de la moelle épinière au bras, ainsi que le nerf sciatique, se trouvant à découvert, mon frère provoqua le galvanisme, au moyen du zinc et de l'argent, et les contractions furent des plus violentes. Après avoir ôté l'armature de zinc du nerf sciatique, le bras

éprouva des contractions au moment où on toucha doucement le nerf de ce membre, seulement avec de l'argent. Du bois, des os, et d'autres substances non métalliques, ne produisirent aucune contraction.

(22) page 106.

Pour me faire mieux comprendre, j'observerai que la première et la seconde formule des essais faits avec l'haleine, sont les mêmes. Dans la seconde, on peut considérer l'H à la fin, comme un corps inorganique conducteur : dans la quatrième, le métal hétérogène est couvert d'humidité sur ses deux faces ; dans la cinquième, il y a deux métaux hétérogènes ; dans la sixième, il y a deux métaux homogènes dans un contact immédiat. Voyez le cinquième chapitre.

(23) *ibid.*

Plusieurs physiciens donnent au métal qui sert à réunir l'armature du nerf et celle du muscle, le nom d'*excitateur*. *Galvani* l'appelle *conducteur*. Voyez *Pfaff*, l. c. pag. 11.

(24) page 113.

L'analogie qu'on avait cru trouver entre l'électricité et le magnétisme, d'après *Muschembroeck*, *Æpinus* et *Cigna*, me donna l'idée d'examiner les effets de ces deux forces réunies ; j'ai fait passer des courants électriques, à travers un aimant artificiel, sans observer que sa force d'attraction en soit diminuée ; seulement, les poids qu'il supportait, vacillaient parce qu'ils se trouvaient dans la sphère d'activité de l'électricité. Il faudrait cependant varier ces expériences de différentes manières, pour obtenir des résultats

exacts : d'abord il serait bon d'essayer si un aimant suspendu dans un bain électrique, plusieurs heures par jour, pendant quelques décades, perdrait quelque chose de sa force ; des coups électriques violents, communiqués à des animaux, au moyen de bouteilles de Leyde, privent ces derniers de leur vertu magnétique; c'est un fait assez connu, et dont la découverte paraît due à un accident causé par la foudre. Je suis persuadé que l'émanation électrique lente et continuée produirait le même effet. Depuis que *Van Marum* a découvert le calorique dans l'électricité, il semble qu'*électriser* et *rougir* au feu, sont des phénomènes assez analogues, et l'on sait depuis longtemps qu'en chauffant lentement l'aimant, on le prive de sa propriété d'attirer.

(25) page 114.

Soemmering m'ayant marqué dans une lettre qu'il m'a écrite, qu'on avait fait des observations qui constatent que la tourmaline échauffée produit des effets très-marqués sur la fibre nerveuse, j'ai répété cette expérience à l'instant, en traitant avec ce fossile des organes animés de différentes manières ; mais je n'ai rien observé, sinon, que la tourmaline lorsqu'on avait excité son électricité par le frottement, attirait le nerf, comme elle aurait attiré tout autre corps léger ; on lui attribuait depuis longtemps des vertus particulières. On prétendait même, il y a à peu près vingt ans, que la sensitive ne contractait pas ses feuilles, étant mise en contact avec de la cire d'Espagne et de la tourmaline. Cette opinion erronée a été réfutée par *Ingenhousz*.

(26) page 115.

Il me paraît qu'il y a encore beaucoup d'incertitudes sur la cause de l'éclat métallique des divers métaux ; on l'attribue, en général, à leur plus ou moins grande densité. Mais concevrait-on ainsi l'éclat souvent parfaitement métallique du mica ? Par quelle procédé voit-on se former, à la surface de quelques eaux stagnantes, des pellicules d'un éclat demi-métallique, qui réfléchissent diverses couleurs, comme les métaux ? Qu'est-ce enfin que l'éclat métallique des ailes des papillons, et de l'enveloppe cornée de quelques coléoptères ?

(27) page 116.

J'ai fait voir, dans plusieurs autres ouvrages, comment la faculté conductrice des corps, augmente ou diminue en proportion de leur oxydation. Voyez *Crell*, annales de chimie, 1792 ; *Rozier*, journal de physique, octobre 1793 ; ainsi que mon mémoire sur la meilleure forme à donner aux chaudières des salines, dans le journal de *Bergmann*, 1792, février. Les objections que l'on a faites nouvellement contre les formules données par *Meyer*, et qui servent de base au calcul que j'ai proposé, ne me paraissent pas suffisamment développées. Les formules de *Meyer* sur les corps conducteurs de la chaleur sont plus conformes à l'expérience qu'on n'avait lieu de l'attendre, d'après des données aussi imparfaites que ce qui a été publié jusqu'ici, et je suis étonné que *Gren* regarde cette propriété des corps comme purement accidentelle. Grundriss der naturlehre, §. 743. Il m'a paru qu'on peut tirer de la découverte de *Meyer*, de ses expériences

directes sur la propriété conductrice de la chaleur et de la formule qu'il a adoptées l'avantage d'apprécier la chaleur spécifique, et de juger de la valeur de la proposition de *Crawford*, je me suis convaincu par des expériences que les principes de *Crawford* sont encore très-douteux. La propriété conductrice de la chaleur est, par exemple, peu considérable dans le *flintglass*, comme l'attestent le collecteur de feu *de Saussure* et de *Ducarla*, et beaucoup d'expériences journalières : or *Crawford* lui suppose une capacité = 0, 174; en y ajoutant sa pesanteur spécifique = 3, 150, et sa chaleur relative = 0, 548, il s'ensuit que la propriété conductrice du *flintglass* = 1, 824, ce qui surpasse celle de l'or, de l'argent, de l'oxyde de plomb, et de l'antimoine. J'ai beaucoup de raisons de croire que ce calcul renferme des erreurs ; il se trouve des contradictions bien plus frappantes dans les données sur la chaleur spécifique de l'air atmosphérique et sur sa propriété conductrice qui est très-peu considérable, comme le prouvent les nouvelles expériences de *Rumfort*. Elle est de 80, celle du mercure étant supposée 1000, ce qui fait pour l'eau 253. Pour des substances liquides, où la masse et la chaleur spécifique du thermomètre au mercure, et celles du vase ne sont point évaluées, on peut se servir de la formule proposée par *Meyer ;* le calcul de *Rumfort* n'est applicable aux fluides élastiques qu'autant que les masses des substances, la chaleur spécifique du vase et celle du thermomètre seraient connues, car ces circonstances ne peuvent point être négligées. Je crois que la capacité de l'air pour le calorique, est beau-

coup plus grande que *Crawford* ne l'annonce ou qu'il en est un meilleur conducteur que l'eau, comme nous le voyons par les expériences de *Pictet*. On a encore d'autres raisons de se défier des calculs de *Crawford*, car il a présenté deux résultats très-différents sur la capacité du gaz oxygène ; selon l'un des deux, elle est de 87,000, et selon l'autre de 4,749. Il me paraît très-important de diriger l'attention sur cet objet, parce que la physique gagne infiniment plus en rectifiant des connaissances acquises, qu'en faisant de nouvelles découvertes. *Gehler* avait cru, v. son dict. de physique, que le principe que j'ai avancé, que *la capacité d'un corps, pour le calorique, augmente en raison de son oxydation*, s'accordait avec la proposition de *Crawford*, que la perte du phlogistique augmente la capacité d'un corps. *Crawford* dit que le phlogistique s'échappe dans les cas où l'on admet oxydation, mais non pas union de l'oxygène avec le corps solide dont on veut examiner la capacité pour le calorique. Ainsi la loi que j'ai avancée ne souffre point de l'objection de *Gehler*, v. dict. de physique, 4.e vol., p. 581, et elle renverse totalement l'opinion de *Crawford*.

Gehler prouve que la capacité de la cendre du charbon de terre est moindre que celle du charbon de terre lui-même : selon *Crawford*, elle devrait contenir moins de phlogistique, s'il existait du phlogistique ; mais elle ne contient pas moins d'oxygène. Pendant la combustion, le charbon s'unit à l'oxygène de l'atmosphère, et il en résulte de l'acide carbonique qui s'échappe aussitôt. J'ajouterai encore pour terminer cette matière, 1.° que la propriété conductrice du calorique,

qui appartient aux cendres, est d'une grande importance dans les arts, elle est indiquée dans les ouvrages d'*Aristote*, v. *Aristoteles problemata*, sect. XXV; 2.° que certaines substances sont également conductrices du calorique et de l'électricité, parce que la matière électrique est formée en grande partie de calorique.

(28) page 117.

Le carbone pur n'est probablement pas noir. Voyez *Crell*, ann. 1795, pag. 118. Je crois, au reste, qu'aucune couleur n'est propre à aucun élément ; le soufre pur est jaune, comme la combinaison du plomb avec l'acide molibdique. L'oxygène modifie les couleurs, simplement parce qu'il change les surfaces des corps : peut-être chacun des corps simples présenterait-il toutes les couleurs, si on pouvait le faire passer, en le chauffant et en le réfroidissant, par tous les degrés de consistance et de liquidité.

(29) page 122.

Je dis qu'un principe dans un corps est enveloppé par un autre, lorsqu'il s'y trouve tellement uni, que ce dernier l'empêche de manifester les propriétés qu'il possède lorsqu'il est isolé. Cet obstacle paraît dépendre de ce que la substance enveloppante *a*, agit sur celle qui est enveloppée *b*, ainsi lorsque *a* + *b* entrent en rapport avec un autre corps, il s'exerce une affinité composée. Ce que j'appelle enveloppement, n'est peut-être qu'une union intime ; mais nos connaissances en chimie ne sont pas encore assez perfectionnées pour expliquer ces phénomènes, d'après les affinités. Il est

remarquable que dans le *spinel*, 15 parties de silice sur 76 d'argile, donnent à cette pierre tous les caractères du genre des siliceuses; tandis que dans le schiste argilleux, il n'y a que 26 parties de terre argilleuse, sur 46 de silice; l'amianthe ne contient que 0,18 de terre talqueuse, sur 0,64 de silice, et la chlorite 0,06 de terre argilleuse, sur 0,39 de terre talqueuse. Mais dans les différentes espèces de gaz souterrains, les effets de l'enveloppement sur la pesanteur spécifique, sur la propriété de servir à la respiration et à la combustion, sont encore plus problématiques. On peut lire à ce sujet une lettre que j'ai écrite à *Lampadius*, et qui est insérée dans les annales de chimie de *Crell*, année 1795.

Trois corps, *a*, *b* et *c* peuvent être composés de quantités égales d'oxygène, d'hydrogène, de carbone, d'azote et de métal, et cependant ces trois corps peuvent différer de beaucoup de manières; dans *a* une partie de l'hydrogène peut être libre, une autre envelopper le carbone au point qu'il se rapproche des substances huileuses. Dans *b*, une partie de l'azote peut être unie à l'oxygène, et former un acide nitreux faible, et ce dernier peut se trouver uni au métal. Dans *c*, une petite quantité d'hydrogène unie à l'azote forme peut-être de l'ammoniaque, et le métal peut-être légèrement oxydé. La chimie moderne nous fournit des résultats très-exacts sur les proportions des substances; mais nous sommes encore très-peu avancés dans l'art d'apprécier l'enveloppement respectif des principes des corps.

(30) page 126.

Annales de *Crell*, année 1794, p. 525. Les expériences prouvent que le graphit est composé de carbone, de fer, d'hydrogène, d'argile et de terre calcaire. Il serait du plus grand intérêt, pour l'explication de plusieurs observations géologiques, que l'on découvrît de l'hydrogène dans les roches qui forment les montagnes.

(31) page 131.

Plusieurs chimistes m'ont objecté que le charbon pur parfaitement sec, n'est peut être pas en état de décomposer le gaz oxygène avec lequel il se trouve en contact, et que le gaz acide carbonique peut provenir de la décomposition de l'eau contenue dans le charbon, qui est favorisée par une température légèrement élevée. L'expérience m'a appris, 1.° que le carbone attirant l'oxygène de l'eau, plutôt que celui de l'air, soit parce que l'oxygène s'y trouve combiné à une moindre quantité de calorique, soit parce que l'hydrogène en favorise la décomposition, en multipliant les affinités et la combustion des huiles et du bois, comparée à celle de la blende charbonnée et du diamant, paraît confirmer cet effet de l'hydrogène; 2.° que le charbon parfaitement sec, rougi dans des vaisseaux clos, décompose l'air atmosphérique à une température de 5 degrés du thermomètre de Réaumur. L'air et le charbon sont sans doute des substances hygroscopiques; pour supposer qu'il y a dans l'oxygène renfermé sous la cloche, de l'eau qui est attirée et

décomposée par du charbon, ou par de la pierre de Lydie pulvérisée, et que le gaz acide carbonique qui s'y conserve pendant plusieurs jours provient de cette eau, il faudrait que le mercure qui sert à fermer hermétiquement la cloche, s'abaissât en proportion de l'augmentation de la quantité d'air, et qu'il se formât en même temps du gaz hydrogène. Or je n'ai jamais observé ni l'un ni l'autre de ces phénomènes, et la quantité d'acide carbonique qui se forme ne me paraît point proportionnée à la petite quantité d'eau que le gaz oxygène peut tenir en dissolution. Je croirais plutôt avec *Gren*, que le charbon, ainsi que toute autre base acidifiable peut se trouver légèrement oxydé, sans former de l'acide carbonique. Or, un tel oxyde de charbon se sature d'oxygène plus facilement que du charbon pur, comme on peut le présumer d'après des phénomènes analogues : le charbon humecté ne se décomposerait-il pas plus vîte, par la raison qu'il se fait d'abord une petite décomposition d'eau, qui donne lieu à cette légère oxydation de la substance, ce qui la dispose à décomposer l'air vital. J'imagine que le charbon rouge introduit sous la cloche, attire d'abord de l'eau de l'atmosphère, ce qui donne lieu à son oxydation. Cette explication me paraît très-naturelle et très-conforme aux expériences modernes.

(32) page 133.

Fowler nie la propriété irritante ou conductrice du charbon.

(33) page 140.

Mémoires de l'acad. des sciences, année 1781, p. 593. Il n'est point impossible que dans une même

substance une partie de l'hydrogène se trouve unie avec du carbone, et une autre avec de l'oxygène.

(34) page 141.

Combinaison de terre calcaire avec du carbone, telle qu'elle a lieu dans les os des animaux et dans le fer aigre. V. Flora Friberg. p. 138, et *Gren.* Handbuch der chimie, 3 vol., p. 466.

(35) page 146.

Je suppose ici la force vitale et les substances animées, définies comme je l'ai fait il y a quatre ans, dans mes aphorismes : je donnerai à la fin de cet ouvrage, plus de développement à cette matière.

(36) page 148.

Dans la suite, je reviendrai sur ce sujet que je crois très-important pour la physiologie comparée des plantes et des animaux.

(37) page 149.

Fontana, sur le venin de la vipère, et sur le poison américain, 1 vol. tab. 8, fig. 13. Il ne faut pas confondre ce tissu avec la fibre élémentaire, que *Fontana* a cru voir en répandant sur l'objet une lumière éblouissante, ce qu'*Alex. Monro* regarde comme une illusion d'optique.

(38) *ibid.*

J'ai compté, à l'aide de mon microscope, le nombre de ces mailles, dans un pouce quarré d'épiderme, j'en ai trouvé tantôt 8680, tantôt 9810, et tantôt 11520. Si l'on estime avec *Abernetty*, que toute l'étendue de

l'épiderme du corps humain est de 2700 pouces quarrés, tout l'épiderme comprendrait 24 millions de ces mailles, mais le calcul d'*Abernetty* est très-imparfait, il faut en retrancher à cause des rides de la peau, etc. au moins 174 pouces quarrés.

(39) page 151.

Comparez l'expérience de *Volta* rapportée par *Gren*, nouveau journal de physique, vol. 2, p. 113. En humectant ses mains on établit un conducteur de l'épiderme à la peau, et de celle-ci jusqu'à l'extérieur de la chair musculaire. J'ai fait les expériences suivantes pour éclairer sur le cours du fluide galvanique dans des animaux faibles, dont l'épiderme est isolante. Si l'on se fait à un doigt de la main gauche une petite plaie qui pénètre jusqu'au réseau de *Malpighi*, et si on y applique une armature, on verra naître des contractions musculaires, aussitôt qu'ayant appliqué une armature à une autre plaie faite à la main droite ou à l'épaule, on mettra ces deux armatures en contact; et les contractions dureront tant que les armatures resteront en place : le corps humain est comparable dans cette circonstance, à un métal couvert d'un vernis qu'on a enlevé seulement en deux endroits.

(40) page 165.

Phallus esculentus, Lin. syst. végétal, pag. 978, *Schæff.* Fung. tab. 199, fig. 2, 5, 6. *Elvela mitra*, *Lin.* Syst. vég. pag. 979, *Schæffert*, ab. 159. *Elvela sulcata. Wildenow.* flor. Berol. n.° 1158.

(41) page 168.

Cette plante souterraine, à laquelle on attribue des

vertus magiques, dans plusieurs parties de l'Allemagne, a eu un sort assez singulier parmi les botanistes. Elle a été découverte dans une ruche, par *Loeser*, botaniste prussien, au commencement du 16.e siècle. Voy. *Loeser*, Flor. Pruss., n.° 264. Depuis, cette plante est restée inconnue jusqu'à l'automne de 1791: je la trouvai alors à Tuttendorff en Saxe, à 350 pieds sous terre; elle croît sur les bois qui servent à étançonner les galeries des mines. Ce champignon a ensuite été trouvé par plusieurs minéralogistes, dans les mines du Tyrol, du Harz, et dans plusieurs autres. *Hoffman*, professeur de botanique à Gœttingue, en a trouvé une espèce qu'il a nommée *Boletus ceratophora*, et dont il décrit la manière de se développer dans un mémoire qui a été lu à la société savante de Gœttingue.

(42) page 170.

Flora Fribergensis, pag. 174. Il serait à desirer que beaucoup de chimistes voulussent s'occuper de l'analyse des champignons; elle semble leur promettre une riche moisson de découvertes. Je ne citerai ici que le travail de *Gunther*, sur *l'agaricus campestris*, qu'il a entrepris, d'après mon invitation; il y a trouvé une quantité considérable de sucre cristallisable.

(43) page 171.

Tous les essais faits jusqu'ici sur la génération des vers infusoires, ne présentent que des résultats vagues et insuffisants, parce qu'ils renferment des conditions indéterminées : on ne connaît pas l'atmosphère des eaux croupissantes; il y a des animaux qui supportent la chaleur de l'eau bouillante. Je desire de pouvoir

un jour faire l'expérience suivante : Enflammer avec l'étincelle électrique du gaz hydrogène nouvellement préparé sous le mercure, et renferme sous une cloche avec du gaz oxygène; exposer l'eau obtenue par ce procédé, à la lumière du soleil, sous un appareil pneumatique parfaitement clos, jusqu'à ce qu'elle entre en putréfaction; examiner alors s'il se formeroit, dans cette eau, des vers infusoires, et de quelle espèce? Il n'y aurait ici que le mercure et les parois du vase qui pourraient contenir des œufs de vers, et répandre quelqu'incertitude sur l'expérience.

(44) *ibid.*

Il faut couper les champignons qu'on emploie par rouelles très-minces et transparentes, et les arroser avec de l'eau distillée, pour en enlever les vers infusoires qui pourraient y être contenus.

(45) page 172.

Par la raison qu'on regarde ordinairement comme imparfaits les ouvrages faits très-vîte, le prompt accroissement des champignons a porté plusieurs botanistes à leur supposer des sucs cruds et mal élaborés. Il est facile de voir qu'une telle opinion n'est due qu'à l'imperfection des connaissances sur l'organisation végétale.

(46) page 173.

Flora Fribergensis, pag. 146, 172. On a remarqué un mouvement très-singulier qui est l'effet de la contraction des fibres irritées du *Sphærobolus rosaceus*, v. Tode, Fung. Mecklemb, fig. 1, p. 44; on observe quelque chose de semblable dans l'*Ascophora* et le *Pilobus*, v. *Reil, de irritabilitate*, p. 9 et 62.

(47) page 173.

Le mouvement qui a lieu tant de nuit que de jour, dans les folioles et dans les stipules de l'*hedysarum gyrans*, sur lequel *Hufeland* a donné des détails très-importants, ne doit point être confondu avec les mouvements des *mimosa*. *voigt*. magas. de phys. 6 vol.

(48) page 182.

Si quelqu'un applique une plaque de zinc sur une des faces de sa langue, et une plaque d'argent sur l'autre face, ces deux armatures ne se touchant pas, mais chacune d'elles étant pourvue d'un fil de fer assez long, on peut faire passer ces fils de fer parallèlement à travers une porte, derrière laquelle on les *rapproche* et on les éloigne alternativement. La personne qui fait l'expérience détermine, par la saveur qu'elle éprouve, la situation des deux bouts du fil de fer. J'ai souvent répété cet expérience qui est purement récréative.

(49) page 183.

Sœmmering a expliqué d'une manière très-ingénieuse, la sensation désagréable qu'on éprouve quelquefois, à l'approche d'un changement de temps, dans un membre auquel on a fait l'amputation. Il croit que l'humidité que l'extrémité du nerf absorbe de l'air, comprimant le nerf, elle est la cause de cette douleur, elle dure jusqu'à ce que l'humidité ait été dissipée par un air sec. (*Sœmmering* , Von Bau des menschlichen korpers. S. B.).

(50) page 189.

Lichtenberg en a fait une peinture très-spirituelle

dans l'almanach de Goettingue, pour l'année 1795. Il est à remarquer que le nez du chien, d'ailleurs doué d'une sensibilité exquise, ne paraît point être stimulé par les odeurs agréables des fleurs, tandis que l'éléphant semble, au contraire, y être extrêmement sensible.

(51) page 190.

Sous forme de gaz, mais non pas de gaz permanent, ce qui paraît dépendre de ce que l'émanation des fleurs est bien plus forte le soir que dans la journée, je crois, au reste, que dans l'air frais du soir, l'arome en vapeurs, est privé d'une partie de son calorique et qu'il est ainsi condensé. Les expériences sur l'esprit recteur sont sans doute difficiles, mais on a lieu de reprocher aux chimistes, que personne ne s'en soit occupé depuis *Boerhaave*.

(52) page 192.

Reil s'exprime ainsi, sur les cas où l'irritation se continue après que le stimulant a cessé d'agir : *In quibusdam verò organis præcipuè involontariis; motus ultrà irritamentum perdurare videntur, a tartaro quippè emetico, rejecto jàm illo, demùm emesis sequitur.* Mais cette absence du stimulant, n'est-elle pas souvent simplement apparente? et l'émétique rendu par le vomissement, n'a-t-il pas laissé dans l'estomac, la cause principale de la contraction des fibres transversales et des longitudinales de cet organe? Beaucoup de phénomèmes des corps animés, sont dûs à la réaction de l'organe *y*, sur l'organe *x*; souvent nous considérons le stimulant qui fait agir *y* sur *x*,

comme irritant directement x; si ce dernier organe vient à manifester un changement, lors même que l'irritation a cessé, nous croyons que le mouvement subsiste en x, plus longtemps que l'irritation, quoiqu'il ne soit effectivement qu'une suite de l'influence de l'organe y. La considération attentive de ces diverses circonstances, me paraît infiniment importante dans la physiologie qui présente déja tant de problêmes insolubles.

(53) page 194.

On a observé à la fin du 4.eme chapitre, que dans le cas, fig. 39, qui se rapporte à l'expérience avec la vapeur humide, la chaîne qui s'étend depuis le nerf, par *r*, *z*, le bras gauche, et le bras droit jusqu'en *s*, est la seule efficace.

(54) page 196.

Une personne qui croyait beaucoup aux cures magnétiques et électriques, m'assurait qu'elle éprouvait un sentiment particulier de chaleur, toutes les fois qu'elle faisait partie d'une chaîne galvanique. Je fis enlever sans qu'elle s'en aperçût, les armatures métalliques et les animaux préparés ; le sentiment de chaleur continua, il devint même plus fort, lorsque je lui assurai sérieusement que j'avais employé dans la chaîne, de nouveaux moyens plus efficaces.

(55) *ibid.*

Cette loi galvanique n'est pas exposée avec toute l'exactitude nécessaire dans ma troisième lettre à *Blumerabach*. (*Gren*. l. c. 3 vol). Je n'avais pas alors assez répété les expériences.

(56) page 199.

Je tue d'abord les animaux dont je me sers pour mes expériences, en leur coupant là tête, et en leur perçant la moelle épinière. Je fais cette observation une fois pour toutes, afin de prévenir l'impression désagréable que la description des préparations zootomiques pourrait faire sur quelques lecteurs; moi-même je ne serais pas capable de faire une seule expérience galvanique, sans cette précaution; c'est aux psycologistes à décider si les parties séparées d'un animal qui n'est pas du genre des polypes, sont susceptibles de sentiment. Il ne me paraît nullement compatible avec nos idées sur la simplicité du sentiment, qu'on puisse composer deux individus sensibles, par exemple, avec une grenouille dont la tête est ôtée, et qui est coupée en deux, près du bassin.

(57) page 214.

Je me sers quelquefois de cette expression impropre, au lieu de dire les nerfs qui se distribuent aux muscles du mouvement. Il est possible que les nerfs du sentiment, servent aussi à des mouvements peu faciles à apercevoir, et en admettant avec *Darwin*, l'existence d'un sens particulier pour la perception de la chaleur, il faudrait regarder tous les nerfs, comme des nerfs du sentiment.

(58) page 220.

Je me suis convaincu par des expériences faites sur plusieurs animaux, que l'étendue de la sphère irritable et sensible, differe non-seulement dans les diverses espèces d'animaux; mais dans le même nerf,

selon les temps, et dans les différents nerfs d'un même individu.

(59) page 225.

C'est ce qu'on observe dans les préparations anatomiques, faites avec le plus grand soin, dont *Scarpa* se sert actuellement pour son ouvrage sur les organes du goût. La collection de pièces anatomiques que ce savant a préparée avec le microscope de *Wilson*, atteste toute son habileté.

(60) *ibid.*

Les précautions que *Fontana* a apportées dans ses essais sur la reproduction des nerfs, sont détaillées dans son ouvrage sur le venin de la vipère. — *Cruikshank.* phil. trans. for. 1795. p. 1. pag. 177. *Joh. Haighton*, l. c. p. 190. — *Haighton* aurait été à même d'expliquer les résultats de ses expériences, s'il avait eu connaissance de la sphère sensible des nerfs, et de la propriété conductrice du tissu cellulaire.

(61) page 235.

Je dis à dessein, que cela peut en dépendre en partie seulement, car la cause principale paraît s'expliquer d'après les observations de *Sæmmering*, par la grandeur respective du cerveau. Voy. Vam Bau des menschlichen korpers, § 96.

(62) page 236.

J'ai une fois rougi une armature de zinc, au point que le nerf commençait à se griller. Les contractions ont continuées jusqu'à ce que le nerf fût entièrement raccorni.

(63) page 239.

Il nie en général que des métaux tout-à-fait homogènes, et à la même température, puissent produire des phénomènes galvaniques. Mes expériences, fig. 16 et 17, pourraient, peut-être, lui faire abandonner cette opinion erronée.

(64) page

Qu'on se garde surtout dans l'expérience, fig. 26, d'employer un morceau de chair musculaire *b* trop mince, car, dans ce cas, *c* placé au-dessus, resterait en contact avec *b*, même après la secousse que le zinc y aurait produite. Si les contractions ont lieu alors, elles ne font que confirmer l'observation très-connue, qu'une chaîne uniquement composée de métaux, est plus efficace qu'une autre, dans laquelle il se trouve de la chair musculaire interposée.

(65) page 248.

On pourrait répéter ces expériences avec plusieurs champignons, dont la substance se rapproche beaucoup des matières animales, par exemple, avec ceux des genres *pilobolus* et *ascobolus*, dont la physiologie a été nouvellement éclaircie par *Persoon*, observ. mycologicæ, pag. 33 et 76. Il faudrait employer ces champignons à l'époque où leurs graines approchent de la maturité.

(66) page 251.

J'appelle actuellement avec *Reil*, *fibra communis*, celle que j'appelais dans l'ouvrage cité, *fibra muscu-*

laris ou *irritabilis*. Quoique cette dénomination ne me paraisse point parfaitement convenable, car il me semble très-important de distinguer l'irritabilité propre à la fibre musculaire, de celle dont sont douées le *cutis*, le *scrotum*, l'*uterus* et d'autres parties formées de tissu cellulaire; voy. à ce sujet, *Reil* et *Gautier, de irritabilitate*. Plusieurs idées que je n'avais qu'annoncées dans ma physiologie des plantes, sont exposées dans cet ouvrage avec plus de précision et d'étendue.

Je suis étonné que le profond physiologiste *Kielmeyer* nie l'irritabilité des vaisseaux des plantes, ainsi que celle des artères. Voy. son discours sur les proportions des forces organiques. 1793, pag. 10.—*Sœmmering*, Gefas Lehre, §. 58.

(67) page 255.

Ce que j'ai avancé sur la seiche, dans la *Flora Fribergensis*, se trouve faux. *Abilgaard* a bien voulu s'occuper de la dissection de ce ver, comme je l'y avais invité. Il a reconnu pour cerveau et nerfs, les parties désignées comme telles par *Swammerdam* et par *Scarpa*. Je me suis convaincu moi-même de la vérité de cette assertion l'été dernier, pendant mon séjour à Venise.

(68) page 256.

Il serait à desirer qu'on fît des recherches sur ces parties, dans le *Chame gigas* des mers des Indes, dont la chair pèse jusqu'à trente livres. *Kielmeyer* nous fait espérer des éclaircissements sur l'anatomie des testacées. Voy. le discours cité plus haut.

(69) page 257.

L'*Helix pomatia* a des mâchoires cartilagineuses, et à la supérieure, onze à douze dents incisives qui ont beaucoup de ressemblance avec celles du cheval; je crois, d'après une observation rapide à la vérité, y avoir trouvé du phosphate calcaire. Ceci mérite d'être examiné, parce que les véritables os sont aussi rares dans les vers que dans les insectes; on remarque cependant une espèce de charpente osseuse dans l'estomac du *homard*.

(70) page 259.

Comme, dans l'usage du microscope, la préparation des objets qu'on veut observer, contribue presque autant que l'instrument, au succès des observations, j'ai cru devoir fixer l'attention des physiologistes sur quelques dispositions qui sont très-utiles. Si l'on veut observer au microscope, des parties irritables au moment où elles se contractent, on fera bien de couvrir d'eau toute la lame de verre sur laquelle l'objet est placé; on peut faire passer ensuite une faible décharge de la bouteille de Leyde, à travers cette eau. Lorsque les chaînes sont disposées convenablement, la même personne peut en même temps, observer et exciter d'une main, la décharge de la bouteille. J'ai acquis assez d'adresse dans ce procédé, à l'aide d'un peu de pratique. Je fais aussi des expériences galvaniques sous le microscope, de la manière suivante: J'emploie une lentille, qui grossit à peu pres 5600 fois; je place la partie animale sur une plaque de zinc bien polie, et pour éviter qu'elle soit irritée mécaniquement, j'en approche un petit morceau de chair musculaire, et je la

galvanise ainsi par adduction; pour diriger l'aiguille d'argent vers les fibres musculaires, je pose un des doigts de la main gauche sur le zinc, et je glisse ensuite l'aiguille avec le doigt, en avant ou en arrière, selon que les contractions réussissent. Il est bon de faire des expériences comparatives avec une tige de bois ou d'acier.

(71) page 263.

En comparant le *Naïas proboscidea* et le *Naïas vermicularis*, on est étonné de voir combien sont différents ces animaux que notre système artificiel fondé uniquement sur la forme extérieure, fait rentrer dans le même genre. En examinant ces deux vers, on leur trouve une structure si différente, qu'on est porté à les considérer comme appartenant à des genres séparés. L'un a deux grands yeux noirs, l'autre n'a aucun indice d'yeux, quoique celui-ci montre à peu près la même sensibilité pour la lumière. L'un offre un corps transparent très-simple, l'autre un intestin long et noirâtre qui remplit presque tout l'intérieur du corps, et qui présente toujours des ondulations. Ces mouvements que j'ai observés avec la plus grande attention, me paraissent être involontaires. Je suis parvenu à couper la tête à une naïade, et à enlever la chair gélatineuse du dos, de manière à pouvoir observer l'intestin presqu'à nu; quand la dissection avait été faite rapidement, l'intestin conservait encore ces ondulations pendant quelques secondes, même lorsqu'on l'avait endommagé, et quelquefois tant que la naïade vivait; mais elles cessèrent subitement, dès que j'eus tué l'animal avec une dissolution d'opium dans l'esprit-de-vin. De même que

chez les grenouilles, les mouvements du cœur disparaissent plus tôt que les contractions galvaniques des membres, l'intestin de la naïade cesse de se mouvoir, tandis que la moelle épinière peut encore produire des mouvements dans la queue. Je suis bien éloigné de regarder cet intestin comme un cœur; mais je crois avec *Fordyce*, V. Neue untersuchung des verdauungs geschæft, qu'il fait en même temps les fonctions de cœur et d'estomac. L'élaboration des sucs, et leur circulation, paraissent se faire dans ces animaux au moyen d'un seul et même organe. Les muscles gélatineux ont besoin, pour résister à la putréfaction, de renouveler plus rapidement leurs parties constituantes, que ceux des grands animaux dont les fibres sont plus fermes; il n'est donc pas étonnant que ces petits vers mangent continuellement, et que leur canal alimentaire soit toujours en mouvement, afin de fournir sans cesse aux vaisseaux qui s'y abouchent des substances à assimiler. Comme dans beaucoup de ces vers, l'organe du tact et celui de la vue sont confondus, tels sont les actinies et les polypes, tout l'épiderme annonce une sensibilité particulière pour la lumière. Depuis l'éléphant jusqu'au lichen des murailles, les intestins deviennent toujours plus simples; l'on ne parviendra jamais à avoir des idées nettes sur la nutrition des végétaux, avant d'avoir acquis des notions précises sur la physiologie des mollusques. L'observation que je viens de faire sur les ressemblances extérieures des êtres organisés accompagnés d'une structure interne qui offre cependant de grandes différences, est encore plus applicable aux plantes qu'aux animaux. J'ai examiné au microscope plusieurs végétaux qui ont à l'extérieur la

plus grande ressemblance : par exemple, le chou de Milan et le chou frisé ; dans l'un, les vaisseaux exhalants de la surface sont isolés, fins, très-étendus, accompagnés tout au plusde deux ou trois vaisseaux absorbants : dans l'autre, ces vaisseaux sont réunis ; ils se touchent, ils sont deux fois plus grands que ceux du premier, d'une figure ronde, joints avec quatre ou cinq vaisseaux absorbants, *Vasa lympatica Hedwigii*. Quelle différence n'observe-t-on pas entre les vaisseaux exhalants des différentes espèces de *Cactus*?

(72) page 267.

Je ne crois cependant pas que les vers intestins inspirent et expirent par la bouche. L'introduction des différentes espèces de gaz dans l'intérieur du corps, se fait dans les grands animaux par une seule ouverture qui est considérable ; elle se fait dans les petits animaux par une quantité innombrable de petites ouvertures répandues à la surface du corps, et qui font les fonctions de trachées. Dans les vers on ne voit pas de grandes ouvertures destinées à la respiration ; cette fonction se fait dans ceux-ci comme dans les plantes par l'épiderme, et c'est par lui que beaucoup de ces vers sentent, voyent, respirent et mangent.

(73) *ibid.*

Depuis que *Lyonnet* a publié son ouvrage sur l'anatomie du *phalæna cossus* qui vit dans l'intérieur du bois du saule, beaucoup d'anatomistes ont regardé sa structure comme un type que la nature a suivi dans la formation de tous les insectes ; mais ceux qui se sont occupés de la dissection des vers et des insectes, ont dû se con-

vaincre qu'il y a bien peu d'uniformité dans la structure intérieure de ces animaux.

(74) page 268.

Il semble, d'après un passage des *primæ lineæ physiologiæ*, § 402, que *Haller* a tout-à-fait refusé des nerfs à beaucoup d'insectes et aux polipes.

(75) *ibid.*

Plusieurs espèces de *cérambyx* restent vivants, percés par des épingles, pendant quatre décades et même plus longtemps. L'*ichneumon*, qui habite le corps des autres insectes, ne le cède en rien au cérambyx, quant à la ténacité de la vie. *Schrank* a vu un *ichneumon punctatus*, auquel on avait coupé la tête, se débattre encore fortement lorsqu'on l'irritait mécaniquement. V. *Schrank*, samlung natur histor. anfsaze. § 126.

(76) page 272.

Soemmering, diss. de basi encephali. Goettin. 1778, pag. 17. ejusd. über die korperl. verschiedenheit, des negers vom europaer. pag. 59. Plus les facultés intellectuelles d'un animal sont développées, plus ses nerfs sont fins en comparaison de la masse de son cerveau. En considérant la substance médullaire du cerveau et des nerfs, comme formant un seul ensemble, la proportion en est à peu près la même, relativement à la masse du corps dans tous les animaux. La différence consiste uniquement en ce qu'une plus grande quantité de cette substance est employée, chez les uns, à la formation du cerveau, et chez les autres, à la formation des nerfs du sentiment et du mouvement.

Haller a prétendu, dans sa physiologie, vol. 2, pag. 2, qu'aucun animal pourvu de cerveau, n'était dépourvu d'yeux et réciproquement. Depuis que je me suis occupé de la dissection des vers, j'ai recueilli des observations qui m'autorisent à contredire ce grand homme sur ce point. Le *naïas proboscidea* n'offre point de tubercles de substance nerveuses manifestes dans la tête, tandis que le *naïas vermicularis* en présente de très-visibles; cependant ce dernier est aveugle, tandis que le premier a deux beaux yeux noirs.

(78) page 273.

Swammerdam a observé la même substance grise dans l'abeille. *Biblia naturæ*, pag. 29, tab. 20, fig. 4, *6.*

(79) page 275.

Je suppose d'abord que les deux métaux soient appliqués contre le cerveau même. Si l'un des deux vient à toucher l'un des membres, il serait possible que, dans des animaux dont l'excitabilité est exaltée, le cerveau agît par adduction sur des nerfs du mouvement, fig. 47.

(80) page 276.

Les nerfs des insectes sont plus jaunâtres que ceux des animaux à sang-froid, des amphibies et des vers. Parmi les amphibies, on en rencontre cependant de couleurs différentes. Le nerf crural du lézard commun, *lacert. agilis L.*, n'a pas la blancheur du nerf crural de la grenouille: les nerfs de l'homme tirent un peu sur le jaune.

(81) page 277.

La fonction des nerfs des organes du mouvement et celle des vaisseaux, fait apprécier par quelle raison la grosseur et le nombre des nerfs et des vaisseaux sont modifiés en proportion de la masse des animaux ; la somme de leurs mouvements volontaires et l'exercice de leur force nerveuse, étant en rapport avec leur genre de vie et leur manière de se nourrir.

(82) page 278.

Sœmmering, muskillehre, §. 34.

L'hedysarum gyrans, dont j'ai observé tout nouvellement deux individus à la lumière du soleil, présente le même tremblement dans l'état d'excitabilité exaltée ; *Hufeland* l'avait déja remarqué, *Flora fribergensis*, pag. 150, §. 6.

(83) page 279.

L'opinion que nous nous formons des degrés d'intelligence ou de stupidité des animaux, n'est la plupart du temps, que le résultat d'un abus de notre manière de juger.

(84) page 282.

Le docteur *Croone* avait déja observé que les poissons, sont de tous les animaux, ceux qui doivent posséder la plus grande force musculaire, parce qu'ils se meuvent dans un fluide beaucoup plus dense que l'air. Les fibres, dont leurs muscles sont composés, ne présentent pas beaucoup de longueur, mais un grand nombre de couches posées les unes sur les autres. V. the Croonian lectures on muscular motion.

(85) page 282.

Cette observation est aussi applicable aux serpents avec lesquels les *naïades* ont quelque ressemblance. Le ver de terre, quoique très-paresseux en apparence, montre a quel point il peut faire agir ses muscles, lorsqu'on l'irrite douloureusement.

(86) *ibid.*

Volta, l. c. p. 126. *Valli*, journal de *Gren*, 6. vol. p. 390. *Pfaff.* l. c. p. 115. Je ne sais si c'est une illusion, mais nos anguilles ordinaires me paraissent avoir la propriété de communiquer des coups électriques. Il m'a toujours semblé qu'on éprouve dans le bras un sentiment de torpeur d'un genre particulier, après avoir manie une anguille; mai son se trompe, lorsqu'on prétend que les mouvements convulsifs de l'anguille cessent par l'application du fer.

(87) page 290.

Linnée a observé le premier, dans le nord de l'Europe, l'accroissement rapide des graminées farineuses, des blés.

(88) *ibid.*

Darwin est le seul qui croie que les sécrétions et la circulation du sang sont augmentées pendant le sommeil. Zoonomia. vol. 1 pag. 101.

(89) page 292.

L'exemple du sommeil le plus long, ou de la suspension apparente la plus longue de la vie, est celui qui est tiré du *vorticella rotatoria* que *Fontana* a fait revivre dans l'espace de deux heures, en l'humectant avec quelques

gouttes d'eau, après l'avoir conservé sec et sans mouvement pendant deux ans et demi. V. *Fontana*, sur le venin de la vipère, 1 vol. pag. 6. Sur le froid intérieur des animaux, pendant le sommeil d'hiver, V. *Jennert's* and *Herghton's* essays, et medical extracts, vol. 1, p. 95. Sur la manière de priver les plantes de leur irritabilité, V. Uslars, frag. der pflanzenkunde, p. 141.

(90) page 294.

La cicatrisation des plaies se fait plus promptement pendant le sommeil que pendant la veille, quand même le malade se tient dans le repos le plus parfait.

(91) *ibid.*

Ce n'est qu'à regret que je me suis servi de cette expression, *durée de l'incitabilité après la mort*, parce qu'elle renferme une contradiction; comme *Reil* l'a très-bien observé : elle suppose que l'incitabilité se survit à elle-même.

(92) page 296.

Les monstres sont infiniment rares parmi les amphibies et les poissons; on l'explique dans les poissons, parce qu'ils n'ont point de membres distincts du corps, mais ce raisonnement n'est pas applicable aux grenouilles qui ont dix-huit doigts; cependant, quelque soit la multitude de ces animaux que l'on ait disséqués, on n'y a jamais observé de difformités. Les amphibies semblent en général attachés, comme les papillonnacées parmi les plantes, à des lois uniformes de configuration.

(93) page 301.

Il en est souvent de même dans les souris et dans les autres animaux doués de la faculté de se mouvoir rapidement.

(94) page 303.

Je dis seulement qu'il en est approché; car, en l'examinant avec beaucoup d'attention, on voit que le problême n'est point encore résolu.

(95) page 306.

Pfaff, l. c. p. 323. La réaction du cerveau serait au reste plus facile à expliquer depuis la belle découverte de *Soemmering*, sur l'origine de la cinquième paire près des parois du quatrième ventricule. V. vom organ der seele, §. 21, tab. 11.

(96) page 308.

Le nerf lingual est uni avec les nerfs de la lèvre supérieure, et avec les nerfs de la face par le moyen de la corde du tympan.

(97) page 309.

On peut consulter l'ouvrage de *Philipe Michaelis*, sur l'entrecroisement des nerfs optiques. Ueber die durchkreuzung der sehenerve, 1790. On y verra quel est l'état du nerf optique, dans les animaux qui n'ont qu'un œil, ce qui se rencontre souvent parmi les brebis, il y en a un bel exemple dans le cabinet d'anatomie de Pavie. L'agneau qu'on y voit, a vécu longtemps avec un œil placé au milieu du front, et il voyait très-bien.

(98) page 310.

Beaucoup d'irritations intérieures peuvent produire des apparitions lumineuses et des sensations de couleurs, même lorsqu'on tient les yeux fermés; ce qui a été développé avec beaucoup d'esprit par *Darwin*. Les éclairs que l'on aperçoit le matin, lorsqu'on ouvre les yeux,

en se réveillant, sont dûs, à ce que l'on dit, au frottement électrique des paupières; mais cette explication paraît plus ingénieuse que vraie.

(99) page 317.

Comparez l'expérience de *Volta*, dans laquelle une dissolution alcaline répandue sur la langue, y a produit une saveur acide. *Gren.* journ. de phys. 3, B, pag. 880.

(100) page 323.

Madei a fait l'application de ces expériences dans son travail sur l'irritation. V. *Reil*, archiv. der phys. 1, B. 3 vol. p. 90. *Hebenstreit*, *diss. de turgore vitali*, lips. 1795, §. 4, pag. 14.

(101) page 334.

Nervi palati uniuntur cum nasalibus super. et posterioribus nervi vidiani. Soemmering, hirnlehre, §. 230.

(102) page 339.

Dans le limaçon de jardin, *helix pomatia*, j'ai appliqué efficacement le galvanisme au canal intestinal. *Pfaff*, l. c. pag. 181.

(103) page 342.

Le silence que *Scarpa* avoit gardé sur l'influence du galvanisme sur les nerfs du cœur, devait engager à répéter cette expérience. Cet habile anatomiste m'a assuré que, jusqu'à l'été de l'an 4, aucune expérience galvanique sur le cœur ne lui avait réussi; ce qu'a dit *Fowler* sur les nerfs de la voix, est regardé comme faux par *Valli*.

(104) page 343.

Les expériences dans lesquelles on n'a pas armé les

nerfs du cœur, mais seulement le cerveau et la moelle épinière, telles sont les 2, 3, 5 et 6.e de *Behrends*, ne décident rien, à ce que je crois.

On a répété les expériences galvaniques sur des amphibies du Bengale à Calcutta; comme plusieurs de ces animaux sont doués d'une force musculaire et nerveuse extraordinaire, on a droit d'en attendre quelque découverte intéressante. Si les mouvemens musculaires sont accompagnés de la sécrétion d'un fluide particulier, on l'apercevra plus facilement dans ces animaux que dans d'autres.

(106) page 364.

La ressemblance que j'avais observée entre les figures que la glace forme sur des carreaux de verre, et celle que *Lichtenberg* a remarqué le premier avec son électrophore, me porta à croire que l'électricité y était pour quelque chose, je fis en conséquence couvrir des carreaux de verre d'une feuille d'étain; mais les figures de la glace présentèrent toujours des branches et des ramifications, tant sur les carreaux couverts d'une feuille d'étain, que sur les autres. Les vapeurs de plusieurs sortes d'acides, celle de l'éther sulfurique et d'une dissolution alcaline, dont je couvris ces carreaux, offrirent après leur congélation, les mêmes figures, sans la moindre différence. *Goethe* m'a communiqué une observation ingénieuse, qui paroît lui appartenir; c'est que dans les cristallisations métalliques, telles que les dendrites de Maganèse sur la pierre calcaire, les ramifications se touchent rarement, mais qu'il reste toujours entre elles un intervalle qui paraît être l'effet de la vertu répulsive, qui agit pendant la cristallisation.

(107) page 365.

Il y a eu sur le calorique une discussion presque semblable, qui se trouve exposée dans la réponse de *Wild* à la critique de l'ouvrage intitulé, *Essai sur la montagne salifère du gouvernement d'Aigle*, insérée dans la gazette littéraire de sens, dans le journal des mines publié à Freyberg 1792. Depuis, *Wild* a fait usage dans sa réponse à *Langsdorff*, à peu près, des raisons que j'avais employées.

(108) page 367.

Ce frottement, ou ce contact immédiat des corps durs, qui composent la chaîne, n'est pas indispensable pour occasionner des contractions. V. le commencement du chapitre 70.

(109) page 381.

Cette expérience contredit la théorie de *Pfaff*, selon laquelle le stimulus, contenu dans le métal n'est provoqué à agir que par l'influence de la matière animale. *Pfaff*, l. c. p. 384.

(110) page 384.

L'expérience sans chaîne n'a point encore réussi avec le mercure; si on plonge simplement dans ce métal le nerf *m*, fig. 16, il n'y a point de contractions, lorsqu'on ajoute du nouveau mercure au premier. Si jamais on rencontrait des animaux assez excitables, pour qu'ils fussent ainsi affectés, on pourrait soupçonner que le simple contact de *m* et de *r* suffirait pour produire le même effet.

(111) page 394.

Cette facilité est souvent cause qu'il n'y a aucune espèce de contraction.

(112) page 401.

Au lieu de l'hydrogène et de l'azote, j'aurais pu nommer le carbonne et le phosphore, ou toutes ces substances ensemble.

(113) page 412.

Si l'on analyse les expériences avec la bouteille de Leyde, *n p* et *m o* signifieront des conducteurs parfaits, et *p o* des conducteurs imparfaits; l'électricité positive se portera alors jusqu'en *p*, et la négative jusqu'en *o*. Le passage violent de l'électricité par *o*, *p*, est une suite de l'action à une certaine distance, dont la possibilité est prouvée.

Les poissons électriques produisent un effet quatre fois plus fort dans l'air que dans l'eau.

(115) page 429.

On a prétendu que la tourmaline échauffée, attire avec force les fibres sensibles. J'ai répété plusieurs fois cette expérience, mais je n'y ai rien observé de particulier; la tourmaline attire les nerfs, comme elle attire en général tous les corps légers.

Abilgaard m'écrivit de Copenhague, il y a trois ans;

« Si vous connaissez la différence de saveur des diverses espèces d'électricité, vous trouverez, en armant la langue de zinc et d'or, ou de plomb et d'or, ou de zinc et d'argent, que le zinc et le plomb produisent toujours la saveur de l'électricité vitreuse, et l'or et l'argent, celle de l'électricité résineuse. J'ai communiqué cette observation au *D. Pfaff*, ayant son départ

« pour l'Italie, et il l'a trouvée parfaitement exacte. »

(117) page 433.

Une secousse purement mécanique ne produit aucune apparence lumineuse. Les nerfs du goût et ceux de l'odorat ne sont nullement affectés par une telle secousse; les sensations qui leur sont propres, ne sont point provoquées par des irritations mécaniques.

(118) page 438.

Le diamant a une propriété très-singulière, et qu'on ne connaît que dans cette seule substance. Il devient, par le frottement, électrique et conducteur parfait de l'électricité; c'est *Comus* qui a découvert en lui cette propriété. V. la description méthodique des minéraux par *Galitzing*, 1792, pag. 119.

(119) page 439.

C'est peut-être à raison de cette propriété isolante de l'air atmosphérique, qu'un organe très-excitable éprouve souvent des contractions dans les premières minutes où il se trouve abandonné à lui-même, après que son nerf a été mis à découvert. La partie dénudée du nerf est, à raison de cette dénudation même, surchargée de fluide galvanique, parce que l'air lui en enlève une moindre quantité que ne le font les muscles ou les autres parties qui l'environnent.

(120) page 443.

Cet axiôme est très-important pour la doctrine de l'électricité de l'air, pendant les gelées d'hiver et pendant les chaleurs de l'été. V. *Achard*, ch. phys. schriften, 1780, pag. 263.

(121) page 444.

Les degrés de la propriété conductrice de l'électricité

des différents métaux, ne correspondent point à la manière dont ils se comportent dans le galvanisme, comme *Pfaff* l'avait démontré avant moi.

(122) page 445.

Je ne sais si cette expérience est neuve, ou s'il ne s'en trouve pas une semblable dans un ouvrage publié par *Kruger*, dont parle *Gehler*, Wörterbuch, 1, B. p. 750.

(123) page 447.

Lorsque l'électricité passe à travers l'eau, il n'y a souvent que de l'hydrogène dégagé, et l'oxigène s'unit alors à une base acidifiable quelconque, qu'il trouve à sa proximité. V. *Van Marum*, première continuation des expériences électriques, p. 198. *Gren*. N. journal, 3, B. p. 14.

(124) page 450.

J'avais écrit ceci avant d'avoir lu l'ouvrage intéressant de *Schérer*, intitulé *Nachtraege zu den grundzügen der neuen chemischen théorie, wien*, 1796.

(125) page 452.

Lorsque plusieurs personnes forment une chaîne, et que des deux qui sont aux extrémités, l'une touche la queue et l'autre la tête d'un poisson électrique, il se fait une décharge d'électricité; ceci a déja été annoncé par *Gehler* dans son Dictionnaire de physique, vol. 4, pag. 878. Ce phénomène est parfaitement analogue à ceux du galvanisme, et la commotion que l'on éprouve dans la chaîne conductrice, ne contredit pas cette assertion, puisque le galvanisme affecte aussi les nerfs du sentiment en traversant la chaîne. Peut-être la commotion que le poisson produit, quand on le touche d'une

main, est-elle indépendante de sa volonté, et alors cet effet serait analogue à l'expérience sans chaîne, fig. 9.

(126) page 453.

Voyez le rapport des commissaires chargés de l'examen du magnétisme animal, 1786. Quand même les effets de l'application des mains par *Mesmer* et ses disciples, ne seraient qu'une friponnerie, on ne pourrait pas en conclure que cette application en général ne produise pas des effets physiques. Les expériences, faites par *Pezold* à Dresde, méritent, sans doute, l'attention de tous les physiciens qui ne sont point accoutumés à rejeter des faits pour embrasser des hypothèses. Il serait à desirer qu'un magnétiseur touchât des cœurs palpitants, ou des nerfs nouvellement préparés. Le véritable philosophe doit rassembler tous les phénomènes; ce n'est qu'ainsi qu'on peut approcher de la connaissance des causes.

(127) *ibid.*

On dit que l'aimant prive le *gymnotus electricus* de sa propriété électrique, et que la limaille de fer la lui rend. Nouv. mém. de l'acad. de Berlin, 1770, p. 68. *Ingenhouz*, *Spalanzani*, *Walsh* et *Berenbroeck* ont réfuté cette opinion. *Ingenhouz*, verm. schriften, 1, B. *Spalanzani*, lettera al marchesa *Lucchesini*, opuscoli sulti di Milano, 1783, p. 85. Cependant *Gmeling* a conservé la phrase suivante dans sa dernière édition du *systema naturæ* de *Linnée*, *Gymnotus electricus vi electrica dotatus*, *magnetis ope turbanda et tollenda.* V. syst. nat. tom. 1. p. 3, p. 1138.

(128) page 457.

Saussure, voyage dans les Alpes, vol. 3, p. 315, 345. La différence des métaux a une influence marquée sur

l'évaporation dont les lois ne sont point encore bien déterminées. Le fer et le cuivre chauffés au même point, ne produisent pas, dans le même temps, l'évaporation d'une égale quantité d'eau. Il y a des personnes qui jugent de la bonté des rasoirs, d'apres la promptitude avec laquelle se dissipe l'eau en vapeurs, à laquelle on les expose.

(129) page 473.

Je crois que ce moyen se trouverait dans un appareil électrique semblable à l'eudiomètre de *Volta*. Il faudrait ajouter au mélange d'air, du gaz oxygène purifié par le phosphore, et s'assurer ensuite de la pesanteur spécifique de l'eau chargée d'acide nitreux précipité par l'électricité.

(130) page 476.

Richter, dans son ouvrage intitulé, *med. chirurg. Bemerkungen*, 1, B. p. 136, dit qu'il a souvent employé les fleurs de zinc dans les affections épileptiques ; mais que plusieurs fois ce remède n'a produit aucun effet. Ce savant médecin ne se trouve pas, d'après ses observations, en état de déterminer, avec précision, les cas dans lesquels ce remède pourrait être de quelque utilité.

(131) page 479.

Je considère avec plusieurs autres physiciens, l'électricité comme une substance plus tenue que l'air. Cette expression figurée est sans conséquence, quoiqu'impropre ; mais elle est sur-tout remarquable, parce qu'elle atteste les bornes de la langue et le penchant que nous avons à rapporter les idées chimiques à des idées mécaniques, et à tout expliquer par ces dernières.

FIN DES NOTES.

ERRATA.

PAGE 5, à la note, Edinb, *lisez*, Edimb.

Page 9, ligne 5 et 6, ammoniac, *lisez* ammoniaque.

Page 14, ligne 1, le, *lisez*, les.

Page 20, ligne 3, sent, *lisez*, présent.

Page 21, ligne 7, d'irritation, *lisez*, de contractions.

Page 34, ligne 1, *x*, *lisez*, *z*.

Page 42, ligne 20, *m*, lisez, *m*, fig. 9.

Page 50, ligne 21, soit, *lisez*, fut.

Page 51, ligne pénultième, sur, *lisez*, relativement à.

Page 56, ligne 17, d'irrition, *lisez*, d'irritation.

Page 59, ligne 5 concluant, *lisez*, concluante.

Page *id.* ligne 16, morceau, *lisez*, morceaux.

Page 65, ligne 18, étant des, *lisez*, étant en contact avec des.

Page 66, ligne dernière, le cas décrit, *lisez*, les cas décrits.

Page 74, ligne 12. *a e s* en contact immédiat, comme dans la fig. 25, *lisez*, *a z s* en contact immédiat, etc.

Page 78, ligne 7, fig. 12, *lisez*, fig. 12, *h*.

Page 81, ligne 11, posée, *lisez*, posé.

Page 83, ligne 2, touche d'un doigt de l'autre main, *lisez*, touche de l'autre main.

Page 84, ligne ante-pénultième, électrophore, *lisez*, électromètre.

Page 87, ligne 11, fig. 33, *lisez*, fig. 32.

Page 101, ligne 6, *d*, *lisez*, *z*.

Page 117, ligne 18, calorique (28) et, *lisez*, calorique et.

Page 125, ligne 15, *Branakehle*, lisez, *Branakohle*.

Page 140, ligne 13, la, *lisez*, le.

Page 142, ligne 1, les feuilles des tiges, *lisez*, les feuilles, les tiges.

Page 148, ligne 9, élevées, *lisez*, avancées.

Page 162, ligne 18, oxygène, *lisez*, oxygené.

Page 177, ligne ante-pénultième, mus-, *lisez*, muscle.

Page 180, ligne 12, Nerf P P., *lisez*, Nerf P *p*.

Page 181, ligne pénultième, lieu (47), *lisez*, lieu.

Page 202, ligne 26, environné, *lisez*, environnée.

Page 225, ligne 14, *Cruckhsanck*, lisez, *Cruikshank*.

Page 232, ligne 13, *lombries*, lisez, *lombrics*.

Page *id.* ligne 14, *sèches*, lisez, *seichet.*

Page 252, ligne 2, *Boerhawe*, lisez, *Boerhaave.*

Page *id.* à la note, Bœerhav., *lisez*, Boerhaav.

Page 234, immédiatement, *lisez*, médiatement.

Page 245, à la note *, teeatise, *lisez*, tréatise.

Page *id.* note **, chapitré, *lisez*, chapitre XII.

Page 248, ligne 24, *Coulon*, lisez, *Coulomb.*

Page 254, ligne 4, de, *lisez*, des.

Page 260, ligne 4, sèche, *lisez*, seiche.

Page 287, ligne 4, *Rosel*, lisez, *Rœsel.*

Page 288, ligne 12, allentit. *lisez*, ralentit.

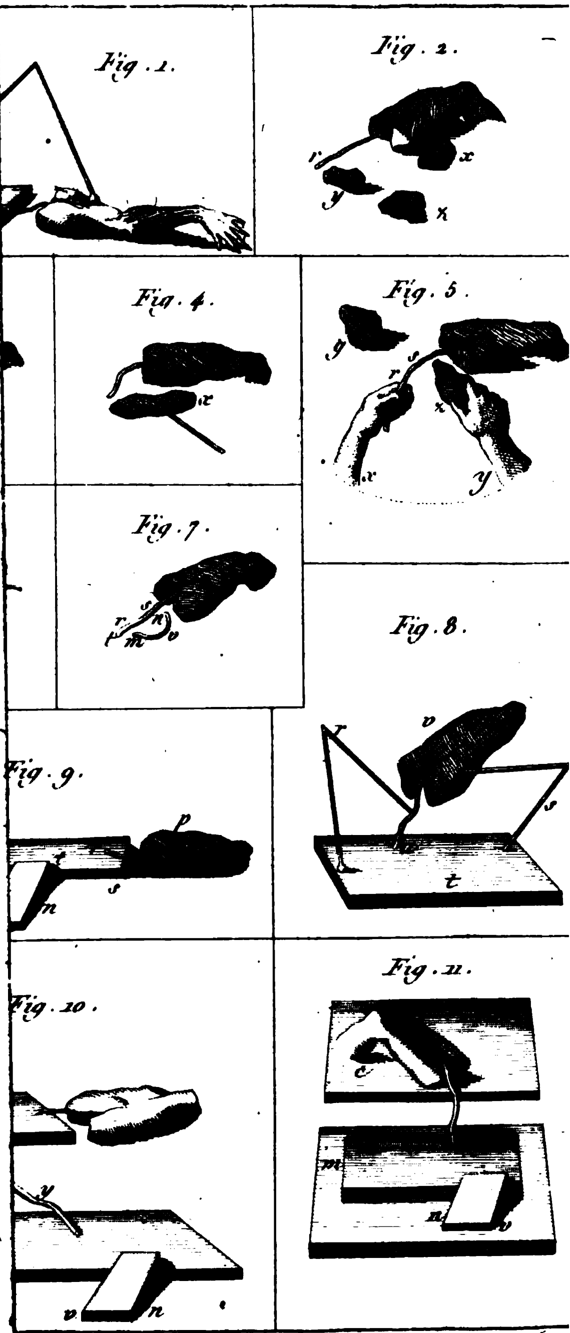
Page 296, ligne 5, l'incitabilité (90); *lisez*, l'incitabilité (91);

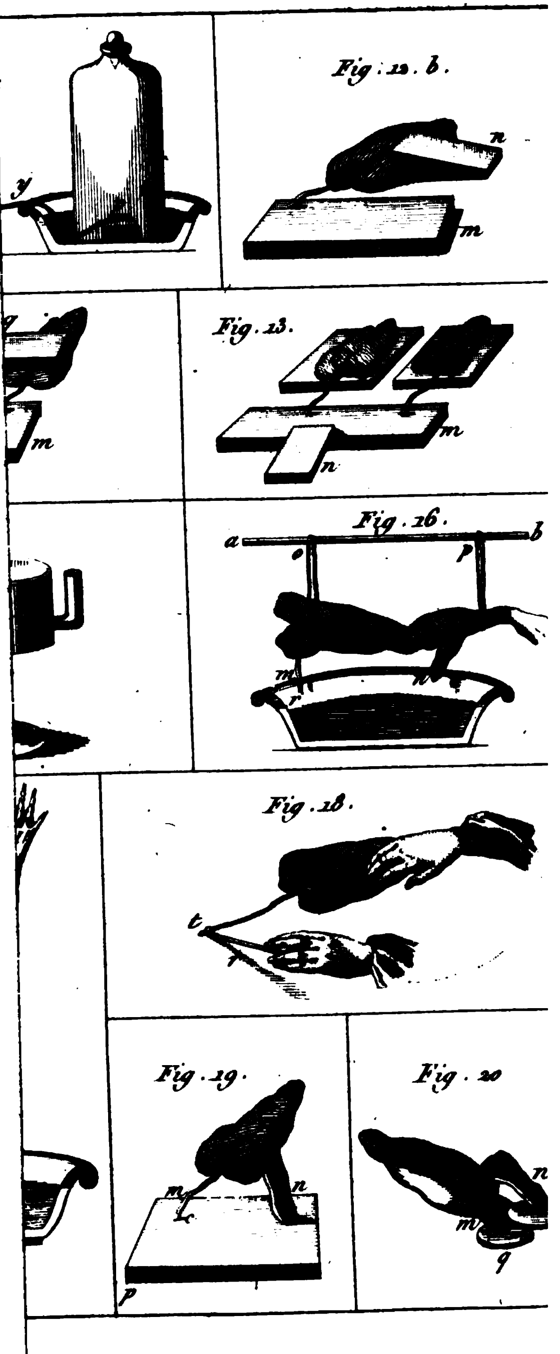
Page 317, ligne 22, ou si, *lisez*, si.

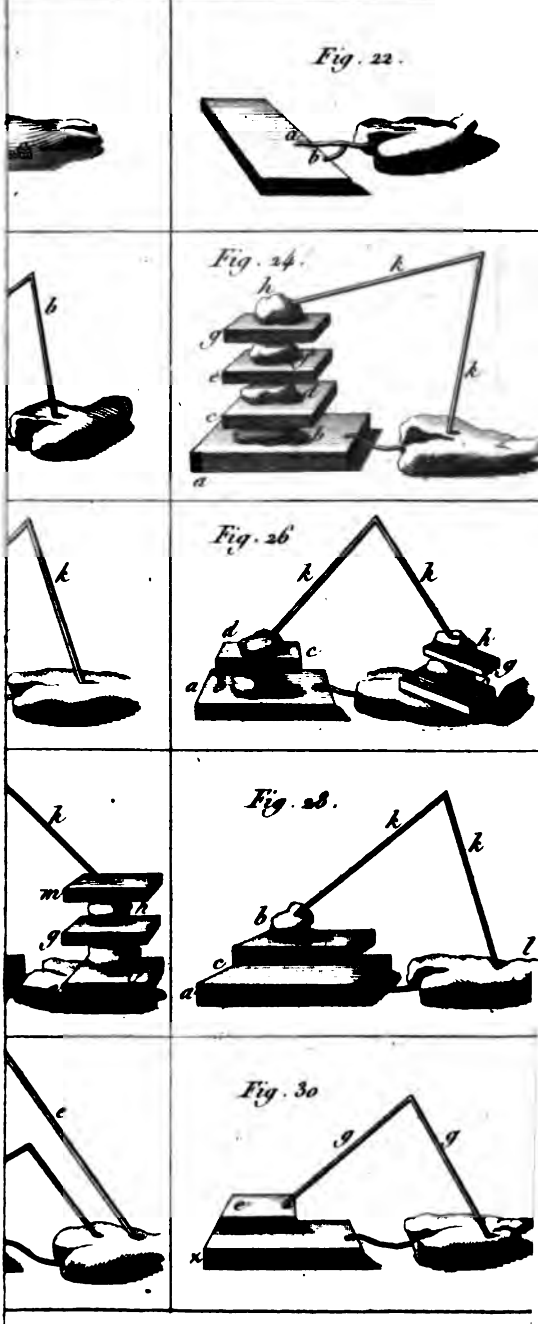
Page 332, ligne 13, maxillaires supérieures, *lisez*, de la cinquième paire.

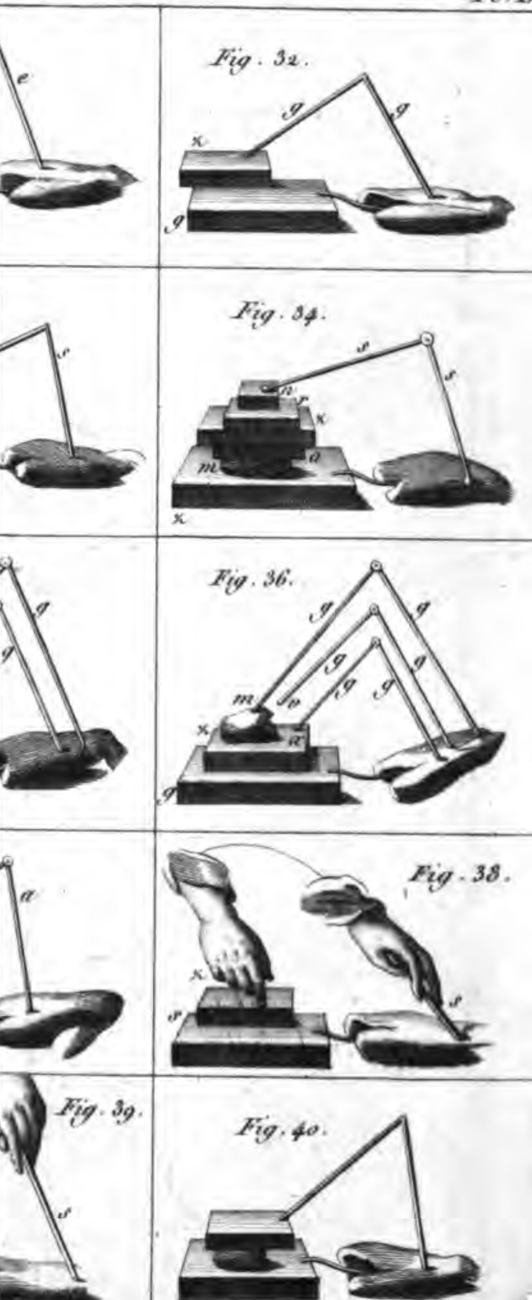
Page 382, ligne 24, vanité, *lisez*, variété.

Page 465 *Lichterberg*, lisez, *Lichtemberg.*


Fig. 1.
Fig. 2.
x
y
x
Fig. 4.
x
Fig. 5.
y
s
r
x
x
y
Fig. 7.
s
n
r
t
m
v
Fig. 8.
v
r
s
t
Fig. 9.
p
t
s
n
Fig. 10.
y
v
n
Fig. 11.
c
m
n
v


Fig: 12. b.
n
m
y
Fig. 13.
m
n
m
Fig. 16.
a
b
o
p
m
n
r
Fig. 18.
t
r
Fig. 19.
m
n
p
Fig. 20
n
m
q


Fig. 22.
a
b
Fig. 24.
k
h
g
f
e
d
c
b
a
k
b
Fig. 26
k
k
d
c
a
b
h
g
k
Fig. 28.
k
k
b
c
a
l
k
m
n
g
Fig. 30
g
g
e
x
e


Fig. 32.
Fig. 34.
Fig. 36.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.

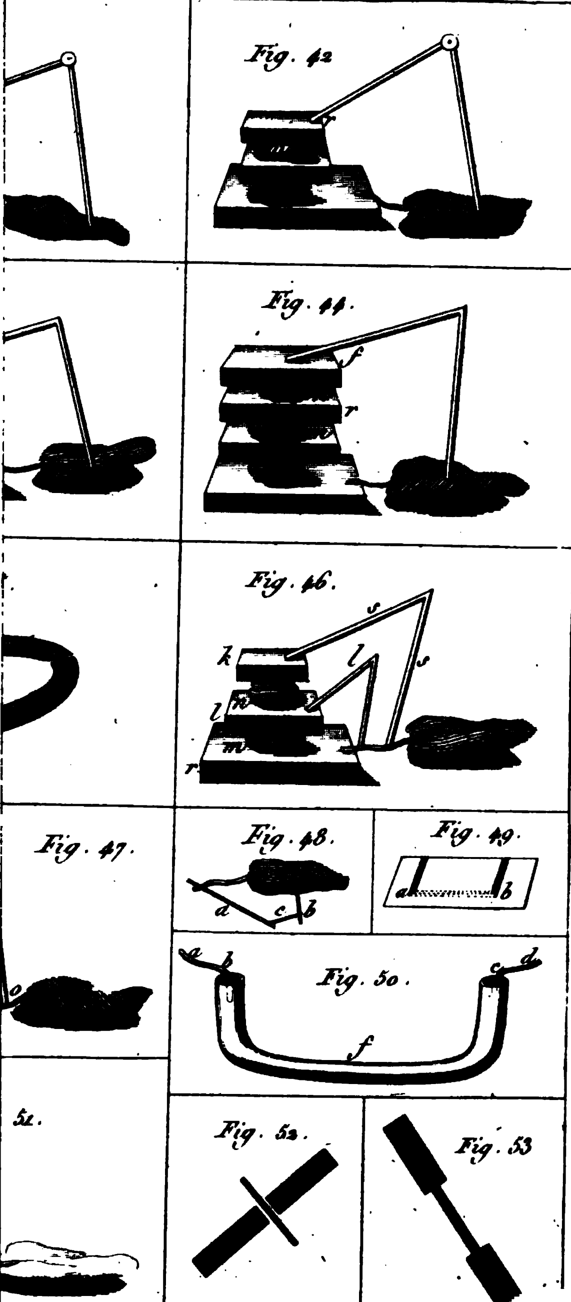

Fig. 42
Fig. 44.
f
r
Fig. 46.
s
k
l
s
l
m
r
51.
Fig. 47.
o
Fig. 48.
d
c
b
Fig. 49.
a
b
Fig. 50.
a
b
c
d
f
Fig. 52.
Fig. 53

Fig. 55.

Fig. 56.

Fig. 57.

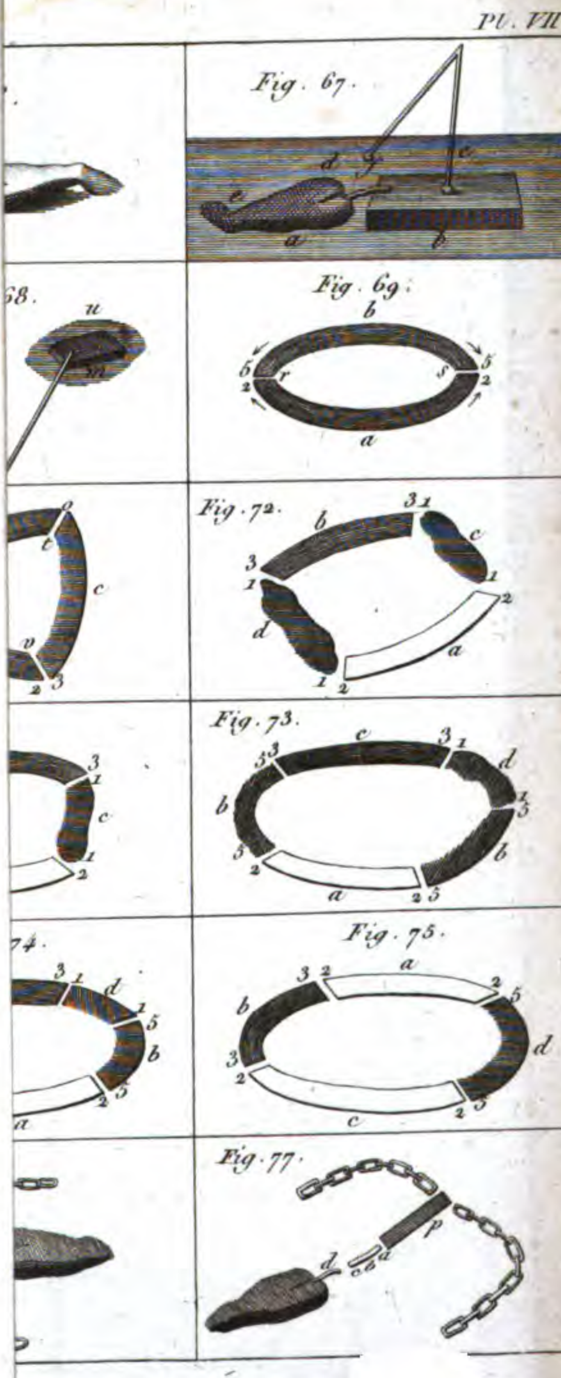
8.

Fig. 59.

Fig. 61.

Fig. 62.

Fig. 65


Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 72.
Fig. 73.
Fig. 74.
Fig. 75.
Fig. 77.